

SdT



BEST AVAILABLE COPY

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑧7 EP 0 555 432 B1

⑩ **DE 692 05 413 T 2**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 02 M 3/158
H 02 M 5/297
H 02 M 7/48

②1	Deutsches Aktenzeichen:	692 05 413.8
⑧6	PCT-Aktenzeichen:	PCT/FR92/00652
⑧6	Europäisches Aktenzeichen:	92 916 336.8
⑧7	PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 93/02501
⑧6	PCT-Anmeldetag:	8. 7. 92
⑧7	Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	4. 2. 93
⑧7	Erstveröffentlichung durch das EPA:	18. 8. 93
⑧7	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	11. 10. 95
④7	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	13. 6. 96

DE 692 05 413 T 2

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
25.07.91 FR 9109582

⑦3 Patentinhaber:
Centre National de la Recherche Scientifique
(C.N.R.S.), Paris, FR

⑦4 Vertreter:
Weitzel, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 89522
Heidenheim

⑧4 Benannte Vertragstaaten:
AT, CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, NL, SE

⑦2 Erfinder:
MEYNARD, Thierry, F-31400 Toulouse, FR; FOCH,
Henri, F-31200 Toulouse, FR

⑤4 ELEKTRONISCHE VORRICHTUNG ZUR ELEKTRISCHEN ENERGIEUMWANDLUNG.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 05 413 T 2

Die Erfindung betrifft eine elektronische Vorrichtung zum Umformen von elektrischer Energie zwischen einer Spannungsquelle und einer Stromquelle, wobei diese Vorrichtung -n- steuerbare Schaltzellen umfasst, von denen
5 jede aus zwei komplementärerweise arbeitenden Schalter besteht, während $n \geq 2$.

Den in den "Techniques de l'Ingénieur, Vol. Electronique, Seiten D3-150 ff." angegebenen Definitionen gemäss versteht man unter "Spannungsquelle" einen elektrischen Dipol
10 (Generator oder Empfänger), dessen Spannung keiner Unterbrechung aufgrund des ausser dieses Dipols angeordneten Kreises unterzogen ist (Beispiele : Akkumulatorenbatterien, Wechselspannungsverteilungsnetz, hohenwertiger Kondensator...); unter "Stromquelle" versteht
15 man einen elektrischen Dipol (Empfänger oder Generator), durch den ein Strom fliesst, der keiner Unterbrechung aufgrund des ausser dieses Dipols angeordneten Kreises unterzogen ist (Beispiele : induktive Last, Spule, Gleichstrommaschine...).

Üblicherweise bestehen die statische Umformungsvorrichtungen aus Zusammensetzungen von
20 Schaltzellen, von denen jede von zwei komplementären Funktionen aufweisenden Schalter ausgebildet ist, wobei der eine Strom führt wenn der andere gesperrt ist ; jede Zelle weist eine verbundene Steuerlogikschaltung auf, die die
25 Komplementarität gewährleistet und die Energieauswechselungen in Abhängigkeit von der Benutzung leitet.

Eine Abwandlung dieser Umformungsvorrichtungen, die "Dreipegeleinwechselrichter" benannt ist, ist seit 1981 im
30 Hochspannungsbereich bekannt und benutzt (Literaturstellen : "Ch. Bächle et al, Requirements on the control of a three level four quadrant power converter in a traction application, Proceeding E.P.E. Aachen 1989, S. 577-582" ; B. Velaerts et al, New developments of 3-level PWM strategies, Proceeding

E.P.E. Aachen 1989, S.411-416"). Solche Vorrichtungen bestehen aus Modüle von vier Schalter und diese sind zwischengeschaltet, um zwei Reihen zu bilden und nicht mehr in Komplementarität arbeiten ; zwei Dioden sind mit einem
 5 kapazitiven Mittelpunkt verbunden, der mit der vier Spannungsquellen verknüpft ist, um den Wert der von jedem der Schaltern unterzogenen Spannungen auf die Halbspannung zu begrenzen und drel Pegeln der Ausgangsspannung zu liefern (daher kommt die Benennung
 10 "Dreipegeleinwechselrichter"). Eine spezifische Steuerung ist in einer solchen Vorrichtung nötig um es zu ermöglichen, dass der Diodensatz sein Impulsspitzenabschneiden- und Spannungsverteilungs-rolle spielt, diese Steuerung ist aber mit einer Komplementarität des Betriebes der Schalter der beiden
 15 Reihen unverträglich. Unter diesen Bedingungen gibt eine solche Vorrichtung als Ausgang eine Spannungswelligkeit ab, deren Amplitude und Frequenz verknüpft sind :

- entweder diese Welligkeit verwirklicht sich zwischen dem Pegel der Zwischenspannung und einem der äussersten
 20 Pegeln und weist daher eine Amplitude auf, die nur einen Bruch ($V/2$) der gesamten Speisespannung (V) ist, wobei die Frequenz dieser Welligkeit dann gleich die Steuerrungsfrequenz (F) der Schalter ist,

- oder diese Welligkeit überdeckt die drei
 25 Spannungspegel und weist deshalb eine Amplitude auf, die gleich die gesamte Speisespannung (V) ist, in diesem Fall aber ist die Frequenz dieser Welligkeit ist ein Vielfaches von der Steuerrungsfrequenz jedes Schalters ($2F$).

Im ersten Fall würde der begrenzte Wert ($V/2$) der
 30 Amplitude der Ausgangsspannungswelligkeit dazu streben, ihres Filtern zu erleichtern, dieses muss aber eine schwache Frequenz F beseitigen, was diesen Vorteil begrenzt. Umgekehrt würde im zweiten Fall die hohe Frequenz ($2F$) der Welligkeit der Ausgangsspannung dazu streben, ihres Filtern

zu erleichtern, der hohe Wert ihrer Amplitude (V) begrenzt aber diesen Vorteil. Deshalb ermöglichen aufgrund ihrer Natur selbst diese Vorrichtungen es nicht, die kombinierten Vorteile einer Amplitudeverminderung ($V/2$) und einer Frequenzmultiplikation ($2F$) zunutze zu machen.

Ausserdem begrenzt die sehr spezifische Eigentümlichkeit der Steuerung dieser Vorrichtungen, deren Schalter nicht in Komplementarität arbeiten, auf vier die Zahl der Schalter, die sie pro Modul aufweisen können.

Es ist bemerkenswert, dass einige üblichen Wechselrichter (die Pulsweitenmodulationswechselrichter) aus Zusammensetzungen von Schaltzellen bestehen, die parallel zur Spannungsquelle angeordnet sind, wobei die Stromquelle zwischen den Schaltzellen eingeschaltet ist; in diesen Wechselrichter arbeiten die Schalter jeder Zelle in komplementärer Weise ("Patel und Hoff, generalised techniques of harmonic elimination and voltage control in thyristor inverters, I.E.E.E. Transactions on industry applications, Band IA.9, Nr 3, mai-juni 73"). Diese Vorrichtungen können die vorher angegebenen kumulierten Vorteile aufweisen (verminderte Spannungswelligkeit und vervielfachte Frequenz); in diesen Wechselrichter muss jedoch jeder Schalter die Gesamtheit der Gesamtspeisespannung aushalten, was für hohe Spannungen ein schwerer Mangel im Verhältnis mit den vorhergehenden Vorrichtungen ist, in denen die an den Klemmen jedes Schalters vorhandene Spannung ein Bruch ($V/2$) der Gesamtspannung V ist. Ausserdem ist die Zahl der am Ausgang dieser Wechselrichter gelieferten Spannungspegeln auf 3 und die Frequenzmultiplikation auf 2 begrenzt, unabhängig von der Zahl der parallel geschalteten Zellen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Umformungsvorrichtung zu schaffen, die die folgende Vorteile kumuliert :

- die Möglichkeit eine hohe Zahl (n) von Zellen einzusetzen, wobei diese Zahl 2 aber auch einen höheren Wert (3 oder mehr) aufweisen kann,

- die von jedem Schalter vertragene Spannung ist gleich ein Bruch (V/n) der Gesamtspeisespannung (V),

- die Welligkeit der Ausgangsspannung ist auf den Bruch (V/n) der Gesamtspannung (V) begrenzt,

- die Frequenz dieser Welligkeit ist ein Vielfaches (nF) der Schaltfrequenz (F) jedes Schalters.

10 Dazu umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Umformen von elektrischer Energie zwischen einer Spannungsquelle und einer Stromquelle die folgenden Mittel :

- n - steuerbare Schaltzellen, von denen jede zwei Schalter mit $n \geq 2$ aufweist, wobei jede Zelle durch einen

- 15 Index k bezeichnet ist, während $1 \leq k \leq n$,
 eine an jede Schaltzelle angeschlossene Steuerlogikschaltung, um dieser Steuersignale der Frequenz F zuzuführen, wobei die besagten Steuersignale so beschaffen sind, dass sie entgegengesetzte Schaltungen der beiden

- 20 Schaltern der Zelle gewährleisten,
 Steuermittel, die so beschaffen sind, dass sie den Steuerlogikschaltungen in Abhängigkeit von der gewünschten Energieumformung ein Bezugssignal s_r zuzuführen,

- 25 - n - in Reihe geschaltete homologe Schalter der Zellen und die anderen ihrerseits in Reihe geschalteten - n - homologen Schalter, so dass zwei symmetrische Reihen, die sogenannte Reihe A und die sogenannte Reihe B, gebildet werden, in denen die beiden Schalter ein und derselben Zelle im Verhältnis zu der Stromquelle symmetrische Lagen

- 30 einnehmen,
 bei dem die beiden Schalterreihe A und B einerseits durch ein gemeinsames Ende mit der Stromquelle und andererseits durch ihre entgegengesetzten Enden mit der Spannungsquelle verbunden sind, wobei der den Zellen

zugeteilte Index k von der Zelle, deren Schalter unmittelbar mit der Stromquelle verbunden sind, bis zu der Zelle, deren Schalter unmittelbar mit der Spannungsquelle verbunden sind, zunimmt.

5 Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass :

. mit den Schaltzellen Kondensatoren so verbunden sind, dass die symmetrischen Klemmen der beiden Schalter jeder Zelle über einen Kondensator miteinander verknüpft sind, um
10 zwischen den besagten Klemmen eine Spannung, die sogenannte Kondensatorladespannung, aufzuerhalten und einen abwechselnden Stromfluss von dem einen Schalter zu dem anderen Schalter der Zelle zu gewährleisten,

. bei dem die Steuerlogikschaltungen der n - Schaltzellen
15 synchronisiert sind, um deren Steuersignale der Zeit nach zu verteilen, so dass der in jedem Kondensator fliessende Strom während einer Periode $1/F$ einen mittleren Wert aufweist, der mit der Änderung der Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle während der gleichen Periode im
20 wesentlichen proportional und insbesondere bei einer Gleichspannungsquelle im wesentlichen null ist.

Wie es weiter verständlich sein wird, vertragen die an den Klemmen jeder Zelle angeordneten Kondensatoren zunehmenden Brüche der Spannung der Quelle in Abhängigkeit
25 von ihrem Index. Der Unterschied zwischen den Kondensatorladespannungen der aufeinander folgenden Kondensatoren ist somit gleich V/n und dieser Unterschied (V/n) wird von den beiden Schalter der mit den betreffenden Kondensatoren verbundene Zelle vertragen. Ausserdem wird
30 es mit der Synchronisierung der Steuerlogikschaltungen erlaubt, dass eine Frequenz (nF) der Welligkeit der Ausgangsspannung erhalten wird, die aufgrund der Verschiebungen der auf jeder Periode $1/F$ verteilten Schaltungen der n Zellen ein Vielfaches der Steuerfrequenz (F)

ist. Ausserdem hat diese Verschiebung das Entstehen von -n- von der Ausgangsspannung unterschiedenen Pegeln zur Folge (-n- regelmässig auf der Periode $1/F$ verteilten Pegeln, wobei zwei benachbarten Pegeln mit einer V/n gleichen Spannung getrennt sind).

Die Funktion jeder Zelle ist ähnlich wie die der benachbarten Zelle (abgesehen von der zeitlichen Verschiebung), so dass es möglich ist, bei jeder Anwendung Steuerlogikschaltungen leicht zu entwickeln, die die Steuerung der gewünschten Energieaustausche unabhängig von der Zahl -n- der eingesetzten Zellen ermöglichen (wobei alle diese Steuerlogikschaltungen in ihrer Struktur ähnlich sind, da die von diesen gelieferten Steuersignale die gleiche Gestaltung aufweisen und sich auseinander durch Verschiebung abherleiten).

Die nachfolgende Beschreibung erläutert die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung, die ein integrierender Bestandteil der vorliegende Beschreibung ist. Es zeigen :

- Figur 1 einen elektrischen Prinzipschaltplan der erfindungsgemässen Umformungsvorrichtung, wobei seine Leistungs- und Steuerungs-Telle angezeigt sind,

- Figur 2 ein Ausführungsbeispiel des Steuerungsteil dieser Vorrichtung,

- Figur 3a die der nacheinander folgenden k und $k + 1$ Zellen zugelierten Logiksignale,

- Figuren 3b und 3c beziehungsweise den Verlauf des im mit der mit Index k bezeichneten Zelle in Verbindung stehenden Kondensator C_k fliessenden Stroms und den Verlauf der an den Klemmen dieses Kondensators vorhandenen Spannung V_{ck} ,

- Figur 4 einen elektronischen Schaltplan eines Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung im Falle einer Gleichspannungsquelle und einer Gleichstromquelle (Gleichstromsteller),

- Figur 5 den Verlauf der verschiedenen Signale bezüglich des Steuerungsteils dieser Vorrichtung,
- Figur 6 den Verlauf der Ströme und Spannungen im Leistungssteil dieser Vorrichtung, wobei Figur 7 den Verlauf der an den Klemmen der Kondensatoren vorhandenen Spannungen,
- Figur 8 einen elektronischen Schaltplan einer anderen Ausführungsbeispiel im Falle einer konstanten Spannungsquelle und einer symmetrischen Wechselstromquelle,
- Figur 9 den Verlauf der verschiedenen Signale bezüglich des Steuerungsteils dieser Vorrichtung,
- Figur 10 den Verlauf der Ströme und Spannungen im Leistungssteil dieser Vorrichtung, wobei Figur 11 den Verlauf der an den Klemmen der Kondensatoren vorhandenen Spannungen,
- Figur 12 einen Schaltplan einer Abwandlung der Vorrichtung der Figur 8, mit zwei Schaltzellen,
- Figuren 13 und 14 den Verlauf von Signale der Vorrichtung der Figur 12,
- Figur 15 einen elektronischen Schaltplan einer anderen Ausführungsbeispiel im Falle einer Wechselspannungsquelle und einer konstanten Stromquelle,
- Figuren 16, 17, 18, 19, 20 et 21 den Verlauf von Signale der Vorrichtung der Figur 15,
- Figur 22 einen elektronischen Schaltplan einer anderen Ausführungsbeispiel im Falle einer Wechselspannungsquelle und einer Wechselstromquelle,
- Figuren 23, 24, 25, 26 et 27 den Verlauf von Signale der Vorrichtung der Figur 22.

Die in Figur 1 dargestellte Vorrichtung umfasst n Schaltzellen $CL_1, CL_2 \dots CL_k \dots CL_n$, wobei n eine beliebige ganze Zahl grösser oder gleich 2 ist. Jede Zelle besteht aus zwei mit I_{AK} und I_{BK} symbolisch dargestellten Schalter, die so gesteuert

sind, um komplementäre Zustände jederzeit aufzuweisen ; vorzugsweise sind diese Schalter statische Halbleiterschalter.

n Schalter der n Zelle sind in Reihe geschaltet und bilden die Reihe A der Vorrichtung, wobei die n anderen Schalter die Reihe B bilden. Die beiden Reihen A und B sind einerseits durch ein gemeinsames Ende mit einer Stromquelle J (nach der oben angegebenen Definition) und andererseits durch ihre entgegengesetzten Enden mit der Klemmen einer Spannungsquelle E verbunden (nach der oben angegebene Definition). Die Zelle CL_1 ist unmittelbar mit der Stromquelle J verbunden, wobei die anderen Zellen von dieser Quelle mit zunehmendem Index k bis zur mit dem Index n angegebenen Zelle sich entfernen, die unmittelbar mit den Klemmen der Spannungsquelle E verbunden ist.

Die Stromquelle J und die Spannungsquelle E können unterschiedliche Eigenschaften je nach Anwendung (Gleich- oder Wechsel-Strom, Gleich- oder Wechsel-Spannung, Generator, Empfänger). Die Schalter sind in Abhängigkeit von dieser Eigenschaften so gewählt, dass ihre Spannungsumsteuerbarkeit gleich wie die Spannungsquelle E ist und dass ihre Stromsumsteuerbarkeit mit der der Stromquelle J identisch ist.

Mit jeder Schaltzelle CL_k ist ein Kondensator C_k verbunden, der zwischen den symmetrischen Klemmen der beiden Schaltern I_{Ak} und I_{Bk} der betreffenden Zelle CL_k geschaltet ist (wobei der mit Index k angegebenen Kondensator C_k zwischen einerseits der gemeinsamen Klemme der Schalter I_{Ak} und I_{Ak+1} und andererseits der gemeinsamen Klemme der Schalter I_{Bk} und I_{Bk+1} geschaltet ist). Die letzte Zelle CL_n kann mit einem spezifischen Kondensator C_n (gestrichelt in Figur 1 dargestellt) verbunden sein, in der Annahme dass die Quelle E keine ideale Spannungsquelle ist, um ihre Mängel auszugleichen ; entgegengesetztenfalls spielt

die Quelle E, die ideal ist, die Rolle eines Kondensators C_n für die Zelle CL_n .

Der gesperrte Schalter (I_{Ak} im dargestellten Beispiel) der Zelle CL_k trägt den an den Klemmen der beiden benachbarten Kondensatoren C_k und C_{k-1} vorhandenen Spannungsunterschied $V_{ck} - V_{ck-1}$. Jeder Kondensator ausübt die Funktion, an seine Klemmen eine Spannung, die sogenannte Kondensatorladespannung V_{ck} , aufrechtzuhalten; eine Verteilung dieser mit dem Index des Kondensators proportionalen Ladespannungen $V_{ck} = kV/n$ (wobei V die an den Klemmen der Quelle E vorhandene Spannung ist) gewährleistet an den Klemmen der gesperrten Schalter einen Spannungsunterschied $V_{ck} - V_{ck-1}$, der für alle gesperrten Schalter gleich V/n ist. Je nach den Zuständen der Schalter der beiden Zellen CL_{k+1} und CL_k ist der im mit der Zelle CL_k verbundenen Kondensator C_k fließende Strom i_{ck} gleich: $+I$, 0 oder $-I$ (wobei I der durch die Stromquelle J fließende Strom ist). Jeder Kondensator C_k ist so bemessen, dass er eine Kapazität c_k bietet, die ausreichend hoch ist, damit die Spannungsschwankungen V_{ck} an seinen Klemmen gering im Verhältnis mit der Spannung kV/n und insbesondere geringer als $0,2 V/n$ sind (wobei die maximale Spannung an den Klemmen der gesperrten Schalter dann auf $1,4 V/n$ begrenzt ist).

Ausserdem ist jeder Kondensator so gewählt, dass er einen mit seinem Index zunehmenden Spannungswert aufweist, der höher als $k \cdot V_{max}/n$, wobei V_{max} der maximale Wert der Spannung V ist. Selbstverständlich steht nichts daran entgegen, dass die Kondensatoren identisch sind: sie sind dann so bemessen, dass sie die Spannung V_{max} (die eventuell an den letzten von diesen ansetzbar ist) aushalten.

Andererseits umfasst die Vorrichtung n Steuerlogikschaltungen $LG_1 \dots LG_k \dots LG_n$, wobei eine Logikschaltung mit jeder Schaltzelle verbunden ist, um dieser

Steuerlogiksignale $sc_1, sc_2 \dots sc_k \dots sc_n$ der Frequenz F zu liefern, die so beelignet sind, dass sie die entgegengesetzten Umschaltungen der beiden Schalter der Zelle bei der Frequenz F gewährleisten.

5 Jede Logikschaltung, deren bekannten Struktur allgemein aus einer Vergleichstufe und einer Anpassungsschaltung (abhängig vom Typ der von der Logikschaltung gesteuerten Schalter), erhält von Steuermittel (in den Figuren mit einem Steuergenerator GP symbolisch dargestellte) einen
10 Gleichstrom- (DC) oder Wechselstrom- (AC) Bezugssignal sr , der von der gewünschten Energieumformung abhängt. Dieser Generator hängt von der Anwendung ab und kann zum Beispiel einen Bezugssignal liefern, das eine Stromregelung (der Ausgangsstrom I beträgt einen gegebenen Wert unabhängig
15 von den Schwankungen der Eingangsspannung V) bedingt.

Die Steuerlogikschaltungen LG_k können identische Strukturen aufweisen und durch Ihre Synchronisation werden die versetzten Umschaltungen der Zellen CL_k so geleitet, dass:

- die Welligkeit der Ausgangsspannung V_a eine Amplitude
20 gleich V/n und eine Frequenz nF , die ein Vielfaches der Schaltfrequenz F der Schalter I_{Ak} und I_{Bk} ist, aufweist,
- die von jedem Kondensator V_{ck} vertragene Spannung gleich dem Bruch kV/n der Speisespannung V ist.

Dazu sind die Steuerlogikschaltungen mit
25 Synchronisationsmittel $SYNCHRO$ verbunden, die so beschaffen sind, dass sie den Logikschaltungen Synchronisationssignale $sy_1 \dots sy_k \dots sy_n$ liefern, die so beschaffen sind, dass sie das zeitliche Verteilungsgesetz der von der Logikschaltungen LG_k ausgegebenen Steuersignale sc_k
30 vermitteln. Diese Verteilung des Steuersignale erlaubt eine Steuerung der Spannung V_{ck} an den Klemmen jedes Kondensators, so dass diese etwa proportional mit ihrem Index k ist (kV/n).

Dieses Ergebnis wird durch die Steuerung des in jedem Kondensator fließenden Stromes i_{Ck} so erhalten, dass der Kondensator auf einer Periode $1/F$ einen Mittelwert aufweist, die etwa proportional mit der Schwankung der Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle E auf der selben Periode, und insbesondere gleich Null im Falle einer Gleichspannungsquelle ist. Diese Steuerung kann insbesondere dadurch durchgeführt werden, indem den Steuerlogikschaltungen LG_k Synchronisationssignale sy_k geliefert werden, die am Ausgang dieser Logikschaltungen der Zeit nach versetzte Steuersignale sc_k bedingen, die Logikzustände e_k und e_{k+1} der benachbarten Zellen mit vorgestimmten relativen Dauer vermitteln. Der Logikzustand e_k einer Zelle CL_k ist bestimmt als gleich 1 wenn der Schalter I_{Ak} der Zelle der Reihe A Strom führt (wobei der andere Schalter I_{Bk} der Zelle der Reihe B gesperrt ist) und gleich 0 wenn der Schalter dieser Reihe A gesperrt ist (wobei der andere Schalter der Zelle der Reihe B Strom führt).

Wie es in den folgenden Beispiele ersichtlich sein wird, hängt die Struktur der Synchronisationsmittel von den Eigenschaften der Spannungsquelle E und der Stromquelle J ab.

Figur 2 stellt eine mögliche Struktur der Synchronisationsmittel SYNCHRO eindeutig dar.

In diesem Beispiel umfassen diese Synchronisationsmittel einen Oszillator OSC der Frequenz F und eine Folge von Verzögerungsschaltungen RET_k , die einen Satz von n versetzten Signalen sd_k für zwei aufeinander folgenden Signale mit einem Zeitabstand gleich $1/nF$ erzeugen. Diese Signale werden in n Summiergliedern SM_k korrigiert, von denen jeder einen Korrektursignal sg_k erhält und als Ausgang die Synchronisationssignale sy_k liefert. Die Korrektursignale sg_k werden in Korrektoren COR_k ausgearbeitet, die als Informationen die Werte der Spannung V und des Stromes I

erhalten. Der von jedem Korrektor COR_k gelieferte Korrektursignal sg_k ist proportional mit dem Index k des Korrektors, mit der Frequenz F , mit der Spannungsschwankung $V_0 - V_1$ auf der Periode $1/F$ und mit der Kapazität des Kondensators mit gleichem Index und umgekehrt proportional mit dem Mittelwert $(I_0 + I_1)/2$ des Stromes auf der gleichen Periode :

$$sg_k \text{ proportional mit } [4 C_k \cdot k (V_0 - V_1) F] / (I_0 + I_1) n$$

Diese Werte der Korrektursignalen sg_k gewährleisten die geeignete Verteilung der von der Logikschaltungen LG_k Steuersignalen sc_k und daher die vorher erwähnte Verteilung des Spannungen an den Klemmen der Kondensatoren und der Schalter.

Es ist bemerkenswert, dass die im obigen Beispiel ausgeführte Korrektur betreffend die Synchronisationsmittel SYNCHRO kann auch (mit einem entgegengesetzten Vorzeichen) auf das vom Steuergenerator gelieferte Bezugssignal sr ausgeführt werden ; da die Logikschaltungen LG_k aus (von Anpassungsschaltungen gefolgte) Vergleichstufen bestehen, sind beide Aufbaue funktionmässig äquivalent und die im Falle einer Aufbau oder der anderen bestimmte Erfindung erstreckt sich selbstverständlich auf die Gesamtheit der beiden Aufbauten.

Figur 3a zeigt den Verlauf der Steuersignale sc_k et sc_{k+1} , die von der Steuerlogikschaltungen LG_k und LG_{k+1} zur beiden Zellen CL_k und CL_{k+1} ausgegeben werden (diese Signale stellen die Logikzustände e_k und e_{k+1} dieser Zellen dar). Diese Signale mit Frequenz F sind zeitlich versetzt und unterschiedliche Dauer aufweisen (aufgrund der eingeführten Korrekturgliedern).

In Figur 3b wurde den Verlauf des Stromes i_{ck} in den Kondensator C_k schematisch dargestellt, welcher wechselweise die Werte $+ I$, 0 , $- I$ je nach den bezüglichen Stellungen der Fronten der Signalen sc_k und sc_{k-1} (I : durch die Stromquelle

fließender, als veränderlich angenommener Strom) aufweist. Der Fluss dieses Stromes I_{ck} durch den Kondensator C_k erzeugt eine Schwankung der Spannung V_{ck} an seinen Klemmen : der Verlauf dieser Spannung ist in Figur 3c dargestellt. Auf einer Periode $1/F$ ist das Fortschreiten der Spannung V_{ck} proportional mit der Schwankung der Spannung V auf der selben Periode und mit dem Index k des Kondensators : V_{ck} bleibt jederzeit nah vom Wert kV/n .

Figur 4 ist ein Ausführungsbeispiel der oben genannten Vorrichtung im Falle einer Gleichspannungsquelle E und einer Gleichstromquelle J (in allen Figuren wurden die gleichen Bezugszeichen für ähnliche Teile benutzt, um das Verständnis zu erleichtern).

In diesem Beispiel, das drei Schaltzellen umfasst, sind die Schalter I_{A1} , I_{A2} , I_{A3} der Reihe A ansteuerbare und löschbare Schalter, insbesondere bipolare Transistoren (oder auch Darlington Transistoren, MOST, GTO, IGBT...). Die Schalter I_{B1} , I_{B2} , I_{B3} der Reihe B sind Schalter mit spontaner Doppelschaltung, d. h. Dioden.

Bei dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel so angepasst, dass die zwei Zellen mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale sc_k , sc_{k+1} diesen Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, die so beschaffen sind, dass, wenn $e_k \neq e_{k+1}$, die summierte Dauer, während denen e_k UND $\overline{e_{k+1}} = 1$, im wesentlichen gleich die summierte Dauer sind, während denen $\overline{e_k}$ UND $e_{k+1} = 1$.

Dazu umfassen die Synchronisationsmittel SYNCHRO Mittel zur Erzeugung phasen versetzter Dreieckssignale, die im dargestellten Beispiel aus einem Dreieckssignalengenerator OSCT, der einen Signal sd_3 mit Frequenz F ausgibt, dessen Verlauf in Figur 5 dargestellt ist, und aus einem Phasenschieber RET_2 , dessen Ausgang mit einem anderen Phasenschieber RET_1 verbunden ist, bestehen. Die Phasenschieber führen eine Phasenverschiebung von $2\pi/n$, d.

h. im vorliegenden Beispiel $2\pi/3$, ein. Die Signale, die vom Generator OSCT (sd_3), vom Phasenschieber RET_2 (sd_2) und vom Phasenschieber RET_1 (sd_1) ausgegeben werden, weisen relative Phasen von 0, $2\pi/3$ und $4\pi/3$ auf und werden beziehungsweise zu den Vergleichstufen geliefert LG_3 , LG_2 , LG_1 der Steuerlogikschaltungen. Der Steuergenerator GP gibt wie vorher das Bezugssignal sr zu dem anderen Eingang der Vergleichstufen ab. In der Gleichspannung/Gleichstrom Anwendung ist das Signal sr ein Gleichstromsignal und verändert sich in Abhängigkeit von der gewünschten Energieaustausch.

Am Ausgang der Vergleichstufen. LG_3 , LG_2 , LG_1 sind die drei Steuersignale sc_3 , sc_2 , sc_1 vorhanden, die aus Logiksignalen mit dem Wert 1 wenn $sd_k < sr$ und mit dem Wert 0 entgegengesetztenfalls bestehen.

Diese Signale werden nach Anpassung der Steuerelektrode der Schalter IA_3 , IA_2 und IA_1 angeliefert.

Figur 6 zeigt den Verlauf der Ströme ic_1 und ic_2 , die die Kondensatoren C_1 und C_2 durchfließen (die als ideale angenommene Spannungsquelle E spielt dabei die Rolle des Kondensators C_3). Es ist bemerkenswert, dass, wenn zwei nacheinander folgende Zellen in verschiedenen Zuständen e_k und e_{k+1} sind, der Strom i von der Quelle J in der einen oder der anderen Richtung durch den zwischen den zwei betreffenden Zellen liegenden Kondensator fließt; im Gegenteil ist der Strom in diesem Kondensator null, wenn die beiden Zellen in gleichen Zuständen sind.

Der letzte Diagramm der Figur 6 zeigt die Ausgangsspannung V_s ; diese Spannung weist eine Welligkeit der Frequenz $3F$ und einer Amplitude $E/3$ auf: diese zwei Umstände erleichtern das Filtern dieser Spannung.

Figur 7 zeigt die Ausgleiche der Spannungen, V_{c1} und V_{c2} an den Klemmen der Kondensatoren C_1 und C_2 durch Vergleichung mit der an den Klemmen der Spannungsquelle E

vorhandenen Gleichspannung V . Es wird festgestellt, dass die an den Klemmen eines Kondensators k vorhandene Spannung V_{ck} im wesentlichen gleich kV/n ist (im vorliegenden Falle $kV/3$).

5 Die an den Klemmen eines Schalters I_{AK} oder I_{BK} vorhandene Spannung (V_{IAK} oder V_{IBK}) ist entweder null oder gleich der an den Klemmen der beiden Kondensatoren C_{k-1} und C_k vorhandene Spannungsunterschied, zwischen denen er liegt. Daraus erfolgt, dass diese Spannung auf V/n (im
10 vorliegenden Falle $kV/3$) begrenzt ist.

Figur 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung im Falle einer Gleichspannungsquelle E und einer Stromquelle J , die einen symmetrischen mit Frequenz f_i Wechselstrom liefert (die Schaltfrequenz F ist beträchtlich grösser als dieser
15 Frequenz f_i). Dieses Beispiel entspricht zu einem Spannungswechselrichter (Gleichspannung/Wechselspannung Umwandler) oder unter Berücksichtigung der Umschaltbarkeit zu einem Stromrichter (Wechselstrom/Gleichstrom Umwandler).

Im dargestellten Beispiel, das auch drei Zellen umfasst (das aber auf n Zellen allgemein verbreitet werden kann), sind
20 alle Schalter I_{A1} , I_{A2} , I_{A3} , I_{B1} , I_{B2} , I_{B3} vom gleichen Typ, stromumschaltbar und spannungsgerichtet; in Figur 8 bestehen sie aus bipolaren Transistoren, von denen jeder mit einer gegenparallel geschaltete Diode verbunden ist; jeder
25 von diesen Transistoren kann durch einen Darlington, MOST, GTO, IGBT... Transistor in Abhängigkeit von den Anwendungen ersetzt werden.

In dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel SYNCHRO so angepasst, dass die den beiden Zellen CL_k und
30 CL_{k+1} mit nacheinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale sc_k und sc_{k+1} diesen Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, die so beschaffen sind, dass :

der logische Wert e_k UND $\overline{e_{k+1}}$ periodisch mit der Frequenz $2 f_i$ ist, die das Doppelte der Frequenz der Stromquelle J ist,

5 der logische Wert $\overline{e_k}$ UND e_{k+1} auch periodisch mit der gleichen Frequenz $2 f_i$ ist.

Dazu sind die Steuermittel GP angepasst, um einen symmetrischen Wechselstrombezugssignal der Frequenz f_i abzugeben; ausserdem umfassen die Synchronisationsmittel Mittel zur Erzeugung symmetrischer Wechselstromdreieckssignale sd_k , die im vorliegenden Beispiel aus n den n Zellen entsprechenden und mit dem gleichen Index Generatoren OSCT, RET₂, RET₁ bestehen, wobei die Generatoren eine gleiche Amplitude und eine gleiche, Frequenz $-F$, ein Vielfaches der Frequenz f_i , aufweisen, um Dreieckssignale abzugeben, die so der Zeit nach versetzt sind, dass das vom Generator mit Index $k+1$ ausgegebene Signal sd_{k+1} im Verhältnis zu dem vom mit Index k Generator ausgegebenen Signal sd_k der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ versetzt ist.

20 Jede von den n Logikschaltungen LG _{x} besteht aus einer mit den Steuermittel GP verbundenen Vergleichsstufe und aus einem Dreieckssignalgenerator, wobei die mit dem mit Index k Generator verbundene Vergleichsstufe mit der mit Index k Schaltzelle verbunden ist, um diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von der Vergleichsstufe empfangenen Signalen (sd_k , sr) zu steuern.

Wie vorher können die Dreieckssignalgeneratoren aus einem Oszillator OSCT und einer Reihe von Phasenschieber RET _{k} $2\pi/n$ bestehen, um von einem zum folgenden um $2\pi/n$ versetzte Dreieckssignale abzugeben.

30 Am Ausgang der Vergleichsstufen LG₃, LG₂, LG₁ der Steuerlogikschaltungen erscheinen Steuersignale sc_3 , sc_2 , sc_1 , die Eigenschaften aufweisen, die den vorher schon beschriebenen Eigenschaften ähnlich sind. Diese in Figur 9

gezeigte Signale werden den Schaltern I_{A3} , I_{A2} und I_{A1} ,
 zugeführt. Die schon im vorigen Ausführungsbeispiel zitierte
 Umstände werden im vorliegenden Falle bestätigt. Nach
 Umschaltung und galvanischer Trennung in Schaltungen INV_k
 5 gewährlesten diese Signale die Steuerung der drei anderen
 Schalter I_{B3} , I_{B2} , I_{B1} .

Figur 10 zeigt den Verlauf der in den Kondensatoren C_1
 und C_2 durchfliessende Ströme. Die gleiche als im
 vorliegenden Falle Kommentare können abgegeben werden.
 10 Der letzte Diagramm der Figur 10 zeigt die Ausgangsspannung
 V_s : wie vorher weist diese Spannung eine Spannungswelligkeit
 der Frequenz nF und Amplitude E/n ($n = 3$ im dargestellten
 Falle von drei Zellen).

Figur 11 zeigt die Ausgleichung der an den Klemmen der
 15 Kondensatoren vorhandenen Spannungen : die an den
 Klemmen des mit Index k Kondensators vorhandene Spannung
 V_{ok} ist im wesentlichen gleich kV/n . Ausserdem wird auch in
 diesem Falle die an den Klemmen eines Schalters vorhandene
 Spannung auf V/n (im vorliegenden Falle $V/3$) begrenzt.

Figur 12 zeigt eine Abwandlung der in der Figur 8
 20 dargestellten Vorrichtung (Gleichspannungsquelle E und
 symmetrische Wechselstromquelle der Frequenz f_i). In der
 Vorrichtung der Figur 12 ist der Zahl n der Zellen gleich 2 und
 die Schaltfrequenz F gleich die Frequenz f_i der Stromquelle.
 25 Der Leistungsteil der Vorrichtung ist dem von Figur 8 ähnlich ;
 der vom Steuergenerator ausgegebene Bezugssignal sr wird in
 der mit der zweiten Zelle verbundenen Steuerlogikschaltung
 LG2 so verarbeitet, dass ein Steuersignal sc_2 mit Frequenz f_i
 ausgegeben wird. Diese Steuerlogikschaltung LG2 kann zum
 30 Beispiel aus einem vorbestimmte Steuermuster abspeichenden
 Speicher bestehen, die mit der Frequenz $F = f_i$ ausgelesen und
 in Abhängigkeit vom Signal sr ausgewählt werden. Dieses
 Signal, der zur Steuerung der Zelle CL_2 (nach Umschaltung für
 den Schalter der Reihe B) dient, wird von der mit der Zelle CL_1

verbunden Logikschaltung LG_1 empfangen, um einen Steuersignal sc_1 der besagten Zelle CL_1 auszuliefern. Die Steuersignale sc_1 und sc_2 vermitteln diesen Zellen Logikzustände e_1 und e_2 , die so beschaffen sind, dass e_2 dadurch erhalten wird, dass e_1 komplementiert und um einer halben Periode $1/2F$ versetzt wird.

Dazu kann die Logikschaltung LG_1 insbesondere aus einem Inverter mit einem nachgeschalteten π Phasenschieber DEPH bestehen. Gegebenenfalls kann der Signal sc_1 (wie der Signal sc_2) in einem Speicher abgespeichert werden, um mit der Frequenz $F = f_i$ auslesbar sein.

Figur 13 zeigt die Steuersignale sc_1 und sc_2 ; der letzte Diagramm dieser Figur zeigt strichpunktiert den Strom I der quelle J und in Vollinie den durch den Kondensator C_1 fließenden Strom I_{c1} ; es ist festzustellen, dass dieser Strom einen Mittelwert aufweist, der gleich Null ist.

Figur 14 zeigt den Verlauf der Ausgangsspannung V_s des Systems (die eine Dreipegelspannung ist); deshalb ist die Spannung V_{c1} an den Klemmen des Kondensators C_1 im wesentlichen gleich $V/2$ und die Spannung an den Klemmen des Schalters I_{A1} auf $V/2$ begrenzt.

Figur 15 ist ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung im Falle einer symmetrischen Wechselstromsquelle E der Frequenz f_v und einer Gleichstromquelle J (wobei die Schaltfrequenz F beträchtlich grösser als dieser Frequenz f_v ist). Dieses Beispiel entspricht zu einem Wechselstrom/Gleichstrom und/oder Gleichstrom/Wechselstrom Wandler (Gleichrichter oder umschaltbarer Wechselrichter).

Im dargestellten Beispiel, das drei Zellen umfasst (das aber auf n Zellen allgemein verbreitet werden kann) sind alle Schalter I_{A1} , I_{A2} , I_{A3} , I_{B1} , I_{B2} , I_{B3} vom gleichen Typ, spannungsumschaltbar und stromgerichtet; in Figur 15 bestehen sie aus bipolaren Transistoren, von denen jeder mit

einer in Reihe geschaltete Diode verbunden ist ; jeder von diesen Transistoren kann durch einen Darlington, MOST, GTO (der nicht zwangsläufig eine Reihendiode erfordert), IGBT...Transistor in Abhängigkeit von den Anwendungen
 5 ersetzt werden.

In dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel so angepasst, dass die den beiden Zellen CL_k und CL_{k+1} mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale sc_k und sc_{k+1} diesen Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, die so beschaffen sind, dass je Periode $1/F$ der Unterschied zwischen der Dauer des Zustands e_k UND $e_{k+1} = 1$ und der Dauer des Zustands e_k UND $e_{k+1} = 1$ im wesentlichen gleich
 10

$$\frac{c_k}{T} \cdot \frac{k}{n} \left| V_0 - V_1 \right|$$

15

ist

wobei c_k die Kapazität des Kondensators mit dem Index k ist,

I der Stromwert der Stromquelle ist,

V_0 die Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle zu Beginn der betreffenden Periode $1/F$ und V_1 diese Spannung bei Abschluss dieser Periode ist.
 20

Dazu sind die Steuermittel angepasst, um einen symmetrischen Gleichstrombezugssignal sr mit Frequenz f_v , das in Figur 16 dargestellt ist ; ausserdem umfassen die Synchronisationsmittel SYNCHRO :
 25

Mittel zur Erzeugung von n symmetrische Wechselstrom-Dreiecksignalen sd_k , die im vorliegenden Beispiel aus n den $-n$ - Zellen entsprechenden und mit gleichem Index zugeteilten Generatoren $OSCT$, RET_2 , RET_1 , bestehen, die eine gleiche Amplitude und eine gleiche Frequenz, $-F$, ein Vielfaches der Frequenz f_v , aufweisen, um Dreiecksignale abzugeben, die der Zeit nach so versetzt sind, dass das vom mit Index $k+1$ Generator abgegebene Signal sd_{k+1} in Verhältnis
 30

zu dem vom mit Index k Generator abgegebene Signal sd_k der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ versetzt ist (Figur 17).

den $-n$ - Zellen entsprechenden und mit gleichem Index zugeteilten Korrekturmittel COR_k , von denen jedes mit den Steuermittel verbunden und angepasst ist, um einen korrigierten Bezugssignal sg_k der relativen Amplitude g_k zu liefern, die zu der der Dreieckssignale sd_k im Verhältnis steht, so dass

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = 2 \frac{c_k}{T} \cdot \frac{k}{n} \left| V_0 - V_1 \right| \cdot F$$

Jede von der n Logikschaltungen LG_k besteht aus einer Vergleichstufe, die ein Dreieckssignal sd_k und ein korrigiertes Bezugssignal sg_k empfängt, wobei die mit dem Generator mit dem Index k verbundene Vergleichstufe mit der Schaltzelle mit dem Index k in Verbindung steht, um diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale sd_k , sg_k zu steuern.

Die korrigierte Bezugssignale sind in Figur 18 dargestellt.

Wie vorher können die Dreieckssignale-Generatoren aus einem Oszillator $OSCT$ und einer Folge von um $2\pi/n$ Phasenverschiebern RET_k bestehen, so dass um $2\pi/n$ versetzte Dreieckssignale für ein Signal im Verhältnis zum folgenden geliefert werden.

Am Ausgang der Vergleichsstufen LG_3 , LG_2 , LG_1 der Steuerlogikschaltungen sind Steuersignale sc_3 , sc_2 , sc_1 , die Eigenschaften aufweisen, die den vorher schon beschriebenen Eigenschaften ähnlich sind. Diese in Figur 19 gezeigte Signale werden den Schalter IA_3 , IA_2 und IA_1 , zugeführt. Die schon im vorigen Ausführungsbeispiel zitierte Umstände werden im vorliegenden Falle bestätigt. Nach Umschaltung und galvanischer Trennung in Schaltungen INV_k gewährleisten diese Signale die Steuerung der drei anderen Schalter IA_3 , IA_2 , IA_1 .

Figur 20 zeigt den Verlauf des in dem Kondensator C_1 fließenden Strom I_{c1} und den der an seinen Klemmen Spannung V_{c1} .

Es ist bemerkenswert, dass dieser Strom I_{c1} einen nicht gleich Null Mittelwert aufweist, die dafür geeignet ist, um eine Veränderung der Spannung V_{c1} zu erzeugen, die mit der Veränderung der Spannung V an den Klemmen der Quelle E proportional ist. Die makroskopische Veränderung der Spannung V_{c1} ist besser sichtbar in Figur 21. Diese Figur zeigt auch, dass die Spannungen V_{ck} an den Klemmen der Kondensatoren mit ihrem Index k proportional sich verändern.

Figur 22 ist ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung im Falle einer symmetrischen Wechselspannungsquelle E der Frequenz f_v und einer symmetrischen Wechselstromquelle J der Frequenz f_i (wobei die Frequenz F beträchtlich grösser als die Frequenzen f_i und f_v ist). Dieses Beispiel entspricht einem Wechselstromumformer (zum Beispiel einem manchmal "Steuerumdichter" genannten Frequenzwandler).

Im dargestellten Beispiel, das drei Zellen umfasst (das aber auf n Zellen allgemein verbreitet werden kann) sind alle Schalter I_{A1} , I_{A2} , I_{A3} , I_{B1} , I_{B2} , I_{B3} vom gleichen Typ, spannung- und strom-umschaltbar; in Figur 22 bestehen sie aus in Paare in Gegenreihe mitgeschalteten bipolaren Transistoren, von denen jeder mit einer gegenparallel geschaltete Diode verbunden ist; jeder von diesen Transistoren kann durch einen Darlington, MOST (wobei die Diode die Innendiode des MOST sein kann), GTO, IGBT...Transistor in Abhängigkeit von den Anwendungen ersetzt werden.

In dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel SYNCHRO so angepasst, dass die zwei Zellen CL_k und CL_{k+1} mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale sc_k und sc_{k+1} diesen Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, die so beschaffen sind, dass je Periode $1/F$ der Unterschied zwischen der Dauer des Zustands

$\overline{e_k}$ UND $e_{k+1} = 1$ und der Dauer des Zustands e_k UND $\overline{e_{k+1}} = 1$ im wesentlichen gleich

$$2 c_k \cdot \frac{k}{n} \frac{V_0 - V_1}{I_0 + I_1}$$

5 ist

wobei c_k die Kapazität des Kondensators mit dem Index k ist,

I_0 und V_0 die Werte der Strom- und Spannungs-quellen zu Beginn der betreffenden Periode $1/F$

10 und I_1 V_1 diese Werte bei Abschluss dieser Periode sind.

Die Steuermittel GP liefern ein Bezugssignal sr , das so angepasst ist, um die Energieaustausche zu steuern ; Im dargestellten Beispiel ist dieses Bezugssignal ein Wechselstromsignal der Frequenz f_v . Die

15 Synchronisationsmittel SYNCHRO umfassen :

. Mittel zur Erzeugung von symmetrische Wechselstrom-Dreiecksignalen sd_k , die im vorliegenden Beispiel aus n den $-n$ -Zellen entsprechenden und mit gleichem Index zugeteilten Generatoren OSCT, RET_2 , RET_1 bestehen, die eine gleiche Amplitude und eine gleiche Frequenz $-F$ - (beträchtlich grösser als die Frequenzen f_i und f_v) aufweisen, wobei die Generatoren der Zeit nach so versetzt sind, dass der vom mit Index $k+1$ Generator abgegebene Dreieckssignal sd_{k+1} in Verhältnis zu dem vom mit Index k Generator abgegebene Signal sd_k der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ versetzt ist (Figur 24).

25 . den $-n$ - Zellen entsprechenden und mit gleichem Index zugeteilten Korrekturmittel COR_k , von denen jedes mit den Steuermittel GP verbunden und angepasst ist, um einen korrigierten Bezugssignal sg_k der relativen Amplitude g_k zu liefern, die zu der der Dreieckssignale sd_k im Verhältnis steht, so dass

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = \frac{4 c_k}{I_0 + I_1} \cdot \frac{k}{n} \left| V_0 - V_1 \right| \cdot F$$

Jede von der n Logikschaltungen LG_k besteht aus einer Vergleichstufe, die ein Dreieckssignal sd_k und ein korrigiertes Bezugssignal sg_k empfängt, wobei die mit dem Generator mit dem Index k verbundene Vergleichstufe mit der Schaltzelle mit dem Index k in Verbindung steht, um diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale sd_k , sg_k zu steuern.

Die von den Generatoren abgegebene Dreieckssignale sd_k und die korrigierte Bezugssignale sg_k sind in Figur 24 dargestellt.

Wie vorher können die Dreieckssignale-Generatoren aus einem Oszillator OSCT und einer Folge von um $2\pi/n$ Phasenverschiebern RET_k , so dass um $2\pi/n$ verstzte Dreieckssignale für ein Signal im Verhältnis zum folgenden geliefert werden.

Am Ausgang der Vergleichsstufen LG_3 , LG_2 , LG_1 der Steuerlogikschaltungen sind Steuersignale sc_1 , sc_2 , sc_3 , die Eigenschaften aufweisen, die den vorher schon beschriebenen Eigenschaften ähnlich sind. Diese in Figur 25 gezeigte Signale werden den Schalter IA_3 , IA_2 und IA_1 , zugeführt. Die schon in den vorigen Ausführungsbeispielen zitierte Umstände werden im vorliegenden Falle bestätigt. Nach Umschaltung und galvanischer Trennung in Schaltungen INV_k gewährleisten diese Signale die Steuerung der drei anderen Schalter IB_3 , IB_2 , IB_1 .

Figur 26 zeigt den Verlauf des in dem Kondensator C_1 fließenden Strom I_{c1} und den der an seinen Klemmen Spannung V_{c1} .

Es ist bemerkenswert, dass dieser Strom I_{c1} einen nicht gleich Null Mittelwert aufweist, die dafür geeignet ist, um eine Veränderung der Spannung V_{c1} zu erzeugen, die zur Veränderung der Spannung V an den Klemmen der Quelle E proportional ist. Die makroskopische Veränderung der Spannung V_{c1} ist besser sichtbar in Figur 27. Diese Figur zeigt

auch, dass die Spannungen V_{ck} an den Klemmen der Kondensatoren mit ihrem Index k proportional sich verändern.

PATENTANSPRÜCHE

1/ - Elektronische Vorrichtung zum Umformen von elektrischer Energie zwischen einer Spannungsquelle und einer Stromquelle:

- . umfassend-n-steuerbare Schaltzellen ($CL_1 \dots CL_k \dots CL_n$), von denen jede zwei Schalter (I_{Ak} , I_{Bk}) mit $n \geq 2$ aufweist, wobei jede Zelle durch einen Index k bezeichnet ist, während $1 \leq k \leq n$,
- 10 . bei dem eine Steuerlogikschaltung (LG_k) an jede Schaltzelle (CL_k) angeschlossen ist, um dieser Steuersignale (sc_k) der Frequenz F zuzuführen, wobei die besagten Steuersignale so beschaffen sind, daß sie entgegengesetzte Schaltungen der beiden Schalter der Zelle gewährleisten,
- 15 . bei dem Steuermittel (GP) so beschaffen sind, daß sie den Steuerlogikschaltungen in Abhängigkeit von der gewünschten Energieumformung ein Bezugssignal (sr) zuführen,
- . bei dem-n-homologe Schalter der Zellen in Reihe geschaltet sind und die anderen-n-homologen Schalter
- 20 ihrerseits in Reihe geschaltet sind, so daß zwei symmetrische Reihen, die sogenannte Reihe A und die sogenannte Reihe B, gebildet werden, in denen die beiden Schalter (I_{Ak} , I_{Bk}) ein und derselben Zelle im Verhältnis zu der Stromquelle symmetrische Lagen einnehmen,
- 25 . bei dem die beiden Schalterreihen A und B einerseits durch ein gemeinsames Ende mit der Stromquelle (J) und andererseits durch ihre entgegengesetzten Enden mit der Spannungsquelle (E) verbunden sind, wobei der den Zellen zugeteilte Index k von der Zelle (CL_1), deren Schalter
- 30 unmittelbar mit der Stromquelle ($k = 1$) verbunden sind, bis zu der Zelle (CL_n), deren Schalter unmittelbar mit der Spannungsquelle ($k = n$) verbunden sind, zunimmt, und zwar ist die besagte Umformvorrichtung dadurch gekennzeichnet, daß:
- 35 . mit den Schaltzellen (CL_k) Kondensatoren (c_k) so verbunden sind, daß die symmetrischen Klemmen der beiden Schalter (I_{Ak} , I_{Bk}) jeder Zelle über einen Kondensator miteinander verknüpft sind, um zwischen den besagten Klemmen eine Spannung, die sogenannte Kondensatorladespannung,

aufrechtzuerhalten und um einen wechselweisen Stromfluß von dem einen Schalter zu dem anderen Schalter der Zelle zu gewährleisten,

. bei dem die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der-n-
 5 Schaltzellen synchronisiert sind, um deren Steuersignale (sc_k) der Zeit nach zu verteilen, so daß der in jedem Kondensator (c_k) fließende Strom während einer Periode $1/F$ einen mittleren Wert aufweist, der zu der Änderung der Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle während der
 10 gleichen Periode im wesentlichen proportional und insbesondere bei einer Gleichspannungsquelle im wesentlichen null ist.

2/ - Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder mit einer Schaltzelle (CL_k) in
 15 Verbindung stehende Kondensator (c_k) einen Spannungswert aufweist, der um so höher ist als ein Schwellwert V_{ck} , je höher der Index k der Zelle ist, mit der der besagte Kondensator in Verbindung steht, wobei $V_{ck} = k \cdot V_m/n$ und V_m die Höchstspannung der Spannungsquelle (E) ist.

20 3/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder mit der Schaltzelle (CL_k) mit dem Index k in Verbindung stehende Kondensator (c_k) so bemessen ist, daß er eine Kapazität (c_k) bietet, die ausreichend hoch ist, damit die Spannungsschwankungen an den
 25 Klemmen des besagten Kondensators geringer sind als $0,2 \cdot V/n$, wobei V die Spannung der Spannungsquelle (E) ist.

4/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, bei der die Schalter (I_{Ak} , I_{Bk}) der Schaltzellen (CL_k) statische Halbleiterschalter sind, die die gleiche
 30 Spannungsumsteuerbarkeit aufweisen wie die Spannungsquelle (E), und bei denen die Umsteuerbarkeit des Stromes mit der der Stromquelle (J) identisch ist.

5/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen
 35 (LG_k) mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, die einen Oszillator (OSC) der Frequenz F , eine Reihe von Verzögerungsschaltungen (RET_k), die ein System von Signalen

- (sd_k) liefern, welche bei je zwei aufeinander folgenden Signalen in einem zeitlichen Abstand von $1/nF$ sind, Korrekturglieder (COR_k), die Korrektursignale (sg_k) liefern, welche zu dem Index k des Korrekturglieds, zu der Frequenz
- 5 F , zu der Spannungsänderung $V_0 - V_1$ während der Periode $1/F$ und zu der Kapazität des Kondensators mit dem gleichen Index k proportional und zu dem mittleren Wert $(I_0 + I_1)/2$ des Stromes während der besagten Periode umgekehrt proportional sind, sowie Summierglieder (SM_k) zwecks Lieferung von
- 10 Synchronisationssignalen (sy_k) aufgrund der versetzten Signale (sd_k) und der Korrektursignale (sg_k) umfassen, wobei jede Steuerlogikschaltung eine Vergleichsstufe umfaßt, die einerseits das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal (sr) und andererseits das von den
- 15 Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) abgegebene Synchronisationssignal (sy_k) mit dem entsprechenden Index k empfängt.

- 6/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung an eine
- 20 Gleichspannungsquelle und an eine Gleichstromquelle angeschlossen ist, um einen Gleichspannungswandler zu bilden, in dem jede Schaltzelle (CL_k) einerseits einen Schalter (I_{Ak}), der solcher Art ist, daß sich das Ein- und Ausschalten steuern läßt, und andererseits einen Schalter
- 25 (I_{Bk}) für selbsttätige Doppelschaltung, umfaßt.

- 7/ - Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der n -Schaltzellen so synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen (CL_k, CL_{k+1}) mit aufeinander folgenden Indexen k und
- 30 $k+1$ zugeführten Steuersignale (sc_k, sc_{k+1}) den besagten Zellen logische Zustände e_k und e_{k+1} vermitteln, so daß, wenn $e_k \neq e_{k+1}$, die summierten Zeiten, während denen e_k UND $\overline{e_{k+1}} = 1$, den summierten Zeiten, während denen $\overline{e_k}$ UND $e_{k+1} = 1$ sind, im wesentlichen gleich sind, wobei der Logikzustand e_k einer
- 35 Zelle (CL_k) als gleich 1 definiert ist, wenn der zu der Reihe A gehörende Zellschalter (I_{Ak}) Strom führt (während der zu der Reihe B gehörende andere Zellschalter (I_{Bk}))

gesperrt ist), und als gleich 0 definiert ist, wenn der Schalter (I_{Ak}) der besagten Reihe A gesperrt ist (während der andere Zellschalter (I_{Bk}) der Reihe B Strom führt).

- 8/ - Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch
 5 gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der-n-Schaltzellen mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, die Mittel zur Erzeugung phasenverschobener Dreieckssignale ($OSCT$, RET_2 , RET_1) umfassen, welche in der Lage sind, Steuersignale (sd_3 , sd_2 , sd_1) der gleichen
 10 Frequenz f zu liefern, wobei jedes Signal im Verhältnis zu dem folgenden Signal um $2\pi/n$ phasenverschoben ist.

- 9/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Gleichspannungsquelle und einer Quelle symmetrischen
 15 Wechselstroms verbunden ist, um einen Wechselrichter und/oder einen Gleichrichter zu schaffen, bei dem jede Schaltzelle (CL_k) zwei identische Schalter (I_{Ak} , I_{Bk}) umfaßt, die in bezug auf den Strom umsteuerbar und in bezug auf die Spannung einheitlich gerichtet sind.

- 10/ - Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die besagte Vorrichtung an eine Quelle konstanter Spannung und an eine Quelle symmetrischen Wechselstroms der Frequenz f_i angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (CL_k) der-n-Schaltzellen so
 25 synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen (CL_k , CL_{k+1}) mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale (sc_k , sc_{k+1}) den besagten Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, so daß:

- . die Logikgröße e_k UND $\overline{e_{k+1}}$ periodisch ist und die
 30 Frequenz $2f_i$, die doppelte Frequenz der Stromquelle, aufweist,

- . die Logikgröße $\overline{e_k}$ UND e_{k+1} ebenfalls periodisch ist und die gleiche Frequenz $2f_i$ aufweist,
 wobei der Logikzustand e_k einer Zelle als gleich 1 definiert
 35 ist, wenn der zu der Reihe A gehörende Schalter (I_{Ak}) der Zelle Strom führt (während der andere zu der Reihe B gehörende Schalter (I_{Bk}) der Zelle gesperrt ist) und als

gleich 0 definiert ist, wenn der Schalter der besagten Reihe A gesperrt ist (während der Zellschalter der Reihe B Strom führt).

- 11/ - Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch
- 5 gekennzeichnet, daß die Steuermittel (GP) so beschaffen sind, daß sie ein symmetrisches Wechselstrombezugssignal (sr) der Frequenz f_i liefern, sowie dadurch, daß:
- . die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der-n-Schaltzellen mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, die
- 10 Mittel zur Erzeugung von Dreiecksignalen ($OSCT$, RET_2 , RET_1) umfassen, welche so beschaffen sind, daß sie n symmetrische Dreieck-Wechselstromsignale (sd_k) liefern, wobei die besagten Signale die gleiche Amplitude und die gleiche Frequenz F , die ein Mehrfaches der Frequenz f_i ist,
- 15 aufweisen und der Zeit nach so versetzt sind, daß das Signal (sd_{k+1}) mit dem Index k+1 im Verhältnis zu dem Signal (sd_k) mit dem Index k der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ verzögert ist,

- . jede der n Logikschaltungen (LG_k) eine
- 20 Vergleichsstufe umfaßt, die das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal (sr) sowie ein von den Signalerzeugungsmitteln abgegebenes Dreieckssignal (sd_k) empfängt, wobei die Vergleichsstufe mit dem Index k mit der Schaltzelle (CL_k) mit dem Index k verbunden ist, so daß sie
- 25 diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale (sr, sd_k) steuert.

- 12/ - Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle konstanter Spannung und einer Quelle symmetrischen Wechselstroms der Frequenz f_i in
- 30 Verbindung steht, umfassend zwei Schaltzellen (LG_1 , LG_2 ; $n=2$),
- dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_1 , LG_2) der beiden Schaltzellen so beschaffen sind, daß die Steuersignale (sc_1 , sc_2) eine der Frequenz f_i der Stromquelle gleiche Frequenz F aufweisen, wobei die besagten
- 35 Logikschaltungen so synchronisiert sind, daß diese Steuersignale den Zellen (CL_1 , CL_2) Logikzustände e_1 und e_2 vermitteln, die so beschaffen sind, daß e_2 durch

Komplementieren von e_1 und durch Versetzen davon um eine Halbperiode $1/2F$ gewonnen wird.

13/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle
 5 symmetrischer Wechselspannung und einer Gleichstromspannung in Verbindung steht, um einen Gleichrichter und/oder einen Wechselrichter zu erzielen, bei dem jede Schaltzelle (CL_k) zwei identische Schalter (I_{Ak} , I_{Bk}) umfaßt, die in bezug auf die Spannung umsteuerbar und in bezug auf den Strom
 10 einheitlich gerichtet sind.

14/ - Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die besagte Vorrichtung an eine Quelle symmetrischer Wechselspannung der Frequenz f_v und an eine Gleichstromquelle angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_k)
 15 der n -Schaltzellen so synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen (CL_k , CL_{k+1}) mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale den besagten Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, die so beschaffen sind, daß je Periode $1/F$ der Unterschied zwischen der Dauer des
 20 Zustands $\overline{e_k}$ UND $e_{k+1} = 1$ und der Dauer des Zustands e_k UND $\overline{e_{k+1}}$ im wesentlichen gleich

$$\frac{c_k}{I} \cdot \frac{k}{n} |V_0 - V_1|$$

ist,

wobei c_k die Kapazität des Kondensators mit dem Index k ist,

I der Stromwert der Stromquelle ist,

30 V_0 die Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle zu Beginn der betreffenden Periode $1/F$ und V_1 diese Spannung bei Abschluß der besagten Periode ist,

wobei der Logikzustand e_k einer Zelle (CL_k) als gleich 1 definiert ist, wenn der zu der Reihe A gehörende
 35 Zellenschalter (I_{Ak}) Strom führt (während der Zellenschalter (I_{Bk}) der Reihe B gesperrt ist), und als 0 definiert ist, wenn der Schalter der besagten Reihe A gesperrt ist (während

der Zellschalter der Reihe B Strom führt).

- 15/ - Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuermittel (GP) so beschaffen sind, daß sie ein symmetrisches Wechselstrombezugssignal (sr) der Frequenz f_v liefern, sowie dadurch, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der n -Schaltzellen mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, umfassend:
- . Mittel zur Erzeugung von Dreiecksignalen ($OSCT$, RET_2 , RET_1), die so beschaffen sind, daß sie n symmetrische Wechselstrom-Dreieckssignale (sd_k) liefern, wobei die besagten Signale die gleiche Amplitude und die gleiche Frequenz F , ein Vielfaches der Frequenz f_v , aufweisen und der Zeit nach so versetzt sind, daß das Signal (sd_{k+1}) mit dem Index $k+1$ im Verhältnis zu dem Signal (sd_k) mit dem Index k der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ versetzt ist,
 - . Korrekturmittel (COR_k), die das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal (sr) empfangen und so beschaffen sind, daß sie korrigierte Bezugssignale (sg_k) der relativen Amplitude g_k liefern, die zu der der Dreieckssignale (sd_k) im Verhältnis steht, so daß

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = 2 \frac{c_k}{I} \cdot \frac{k}{n} \left| V_0 - V_1 \right| \cdot F$$

- . die n Logikschaltungen (LG_k), von denen jede eine Vergleichsstufe umfaßt, die ein Dreieckssignal (sd_k) und ein korrigiertes Bezugssignal (sg_k) empfängt, wobei die Vergleichsstufe mit dem Index k mit der Schaltzelle (CL_k) mit dem Index k in Verbindung steht, so daß sie diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale (sd_k , sg_k) steuert.

- 16/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle symmetrischer Wechselspannung und mit einer Quelle symmetrischen Wechselstroms in Verbindung steht, um einen Wechselstromumformer zu erzielen, bei dem jede Schaltzelle (CL_k) zwei identische Schalter (I_{Ak} , I_{Bk}) umfaßt, die in

bezug auf Strom und Spannung umsteuerbar sind.

- 17/ - Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle symmetrischer Wechselspannung der Frequenz f_v und mit einer Quelle symmetrischen Wechselstroms der Frequenz f_i in Verbindung steht, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_n) der-n-Schaltzellen so synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen (CL_k, CL_{k+1}) mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale (sc_k, sc_{k+1}) den besagten Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, so daß je Periode $1/F$ der Unterschied zwischen der Dauer des Zustands $\overline{e_k} + e_{k+1} = 1$ und der Dauer des Zustands $e_k + \overline{e_{k+1}} = 1$ im wesentlichen gleich

$$15 \quad 2c_k \cdot \frac{k}{n} \cdot \frac{V_0 - V_1}{I_0 + I_1}$$

ist,

- wobei c_k die Kapazität des Kondensators mit dem Index k ,
 20 I_0 und V_0 die Werte der Strom- und Spannungsquellen zu Beginn der betreffenden Periode $1/F$ sind
 und I_1 und V_1 diese Werte bei Abschluß der besagten Periode sind,
 wobei der Logikzustand e_k einer Zelle als gleich 1 definiert
 25 ist, wenn der zu der Reihe A gehörende Zellschalter (I_{Ak}) Strom führt (während der Zellschalter (I_{Bk}) der Reihe B gesperrt ist) und als gleich 0 definiert ist, wenn der Schalter der besagten Reihe A gesperrt ist (während der Zellschalter der Reihe B Strom führt).

- 30 18/ - Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der-n-Schaltzellen mit Synchronisierungsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, umfassend:

- . Mittel zur Erzeugung von Dreiecksignalen (OSCT, RET₂, RET₁), die so beschaffen sind, daß sie n symmetrische Wechselstrom-Dreiecksignale (sd_k) liefern, wobei die besagten Signale die gleiche Amplitude und die gleiche

Frequenz F , die höher ist als die Frequenzen f_i und f_v , aufweisen und der Zeit nach so versetzt sind, daß das Signal (sd_{k+1}) mit dem Index $k+1$ in Verhältnis zu dem Signal (sd_k) mit dem Index k der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ verzögert ist,

. Korrekturmittel (COR_k), die das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal (sr) empfangen und so beschaffen sind, daß sie korrigierte Bezugssignale (sg_k) der relativen Amplitude g_k liefern, die im Verhältnis zu der Amplitude der Dreieckssignale (sd_k , sg_k) steht, so daß

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = \frac{4c_k}{I_0 + I_1} \cdot \frac{k}{n} \left| \dot{V}_0 - V_1 \right| \cdot F$$

ist

. die n Logikschaltungen (LG_k), von denen jede eine Vergleichsstufe umfaßt, die ein Dreieckssignal (sd_k) und ein korrigiertes Bezugssignal (sg_k) empfängt, wobei die Vergleichsstufe mit dem Index k mit der Schaltzelle (CL_k) mit dem Index k in Verbindung steht, so daß sie diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale (sd_k , sg_k) steuert.

19/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, umfassend zwei Schaltzellen.

20/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, umfassend drei Schaltzellen.

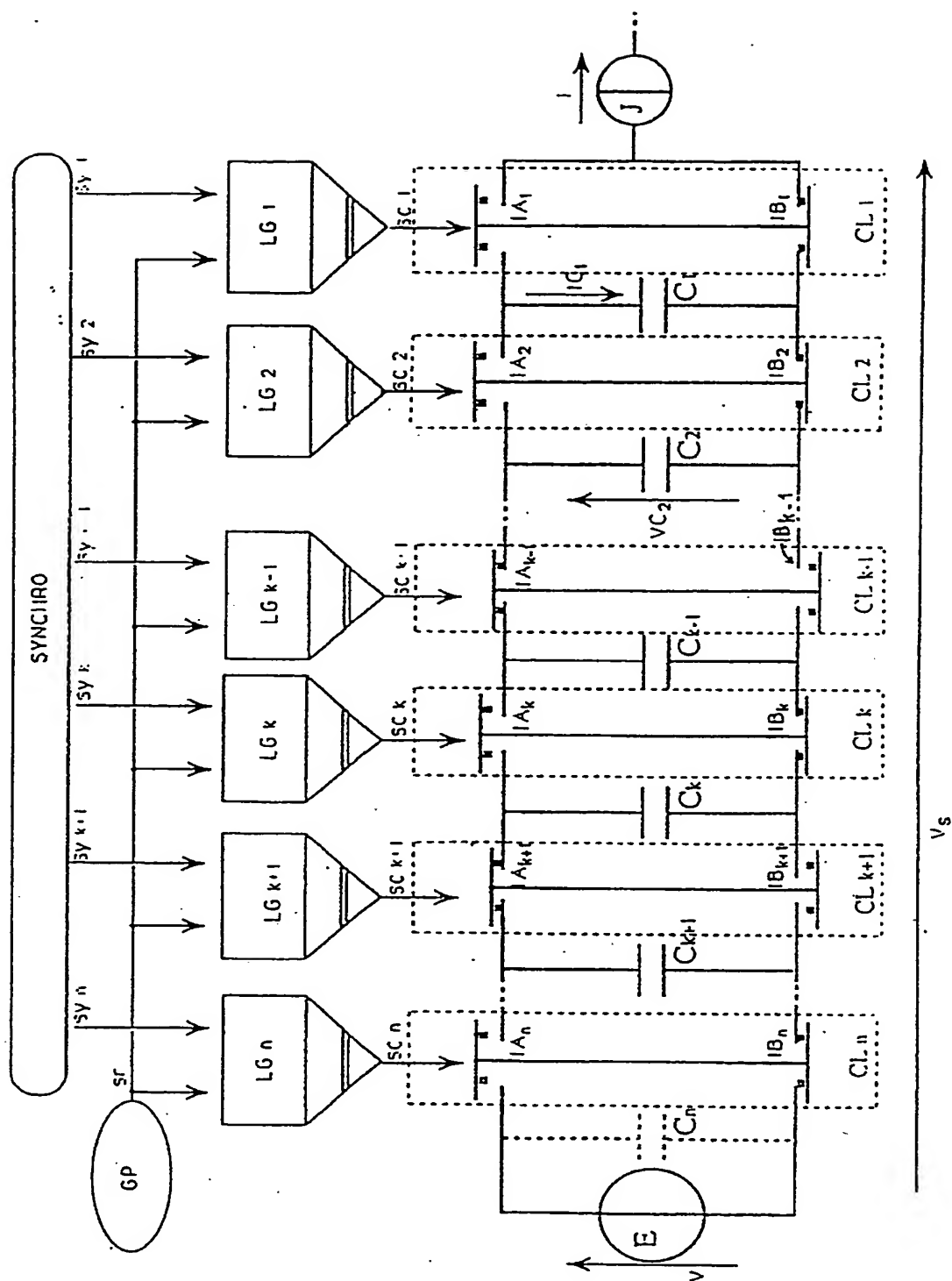


Fig 1

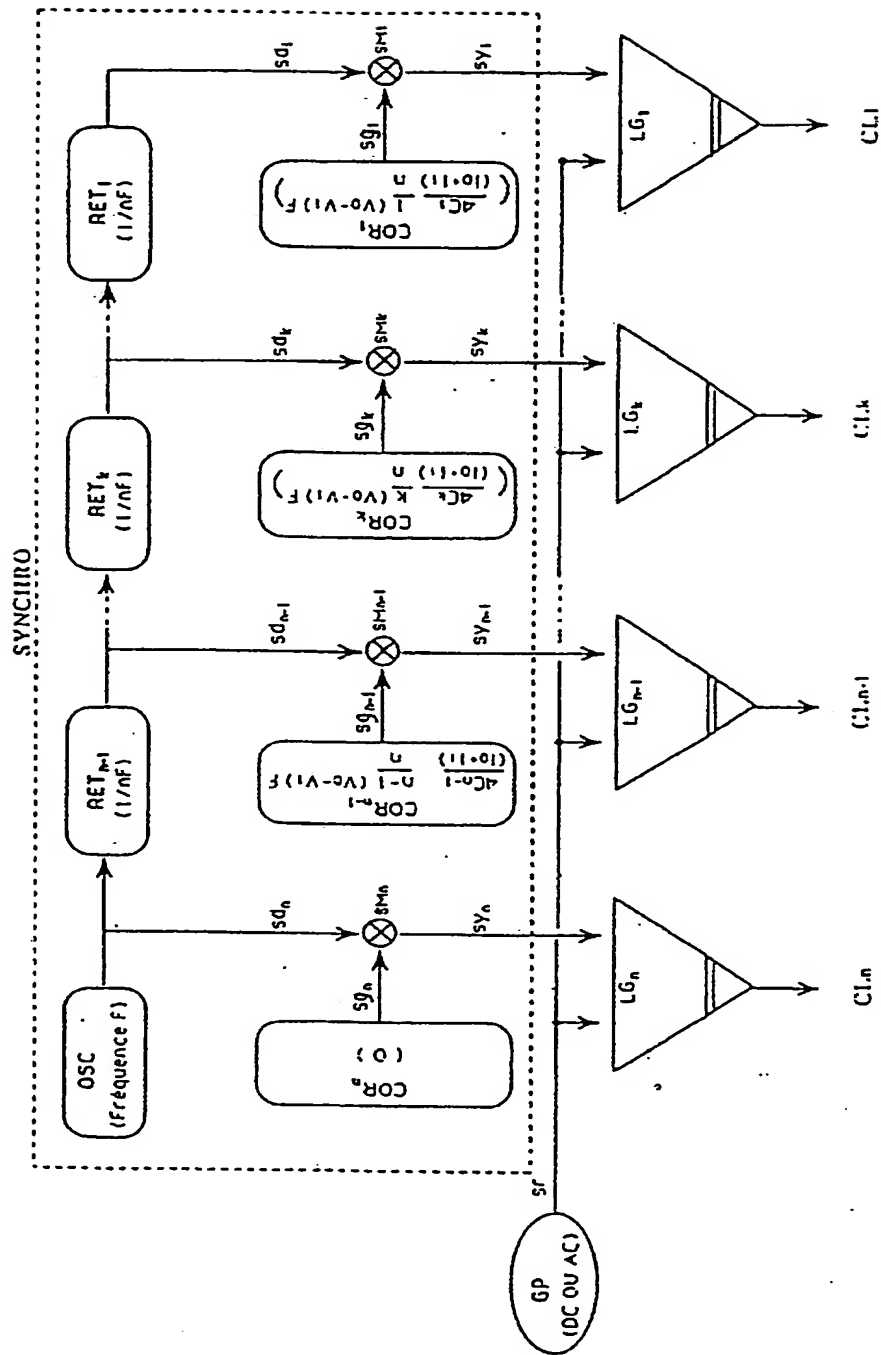


Fig. 2

Fig. 3a

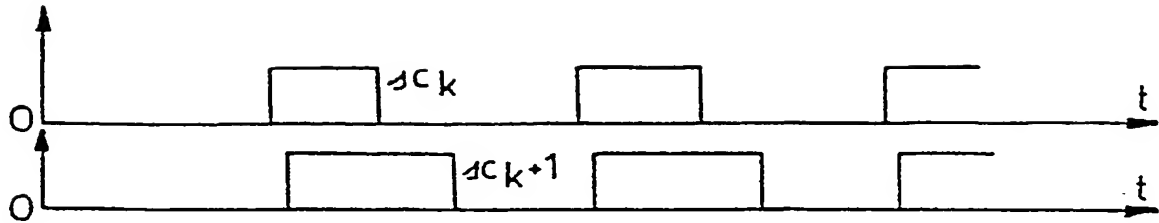


Fig. 3b

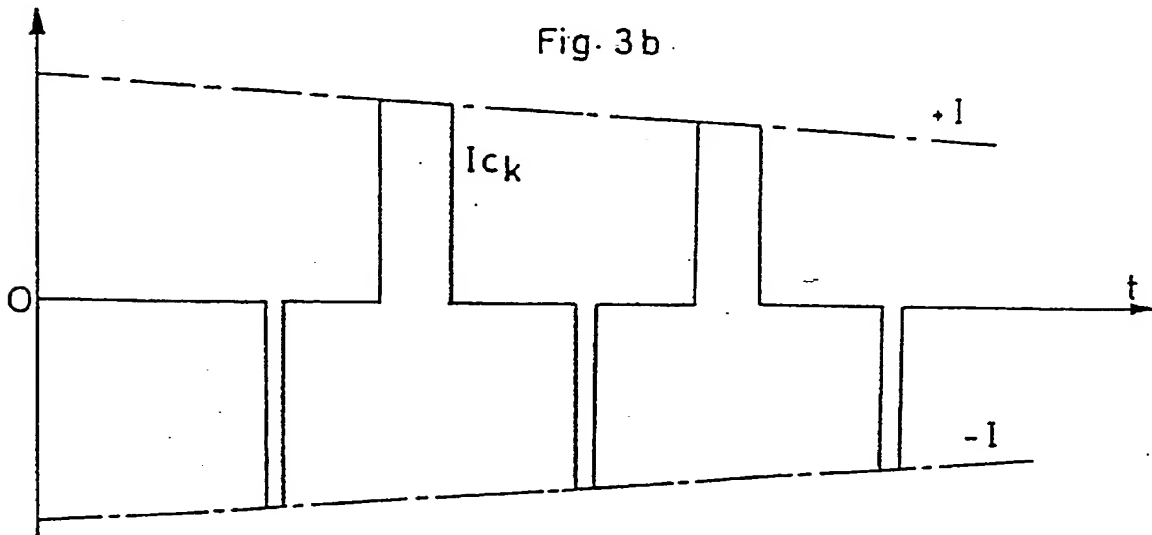
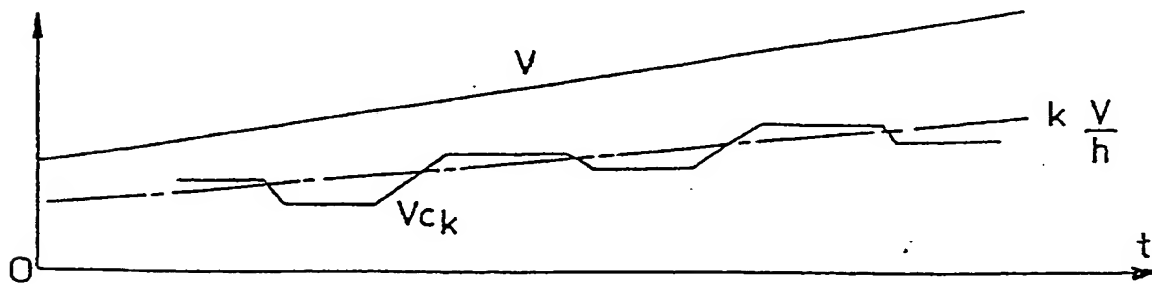


Fig. 3c



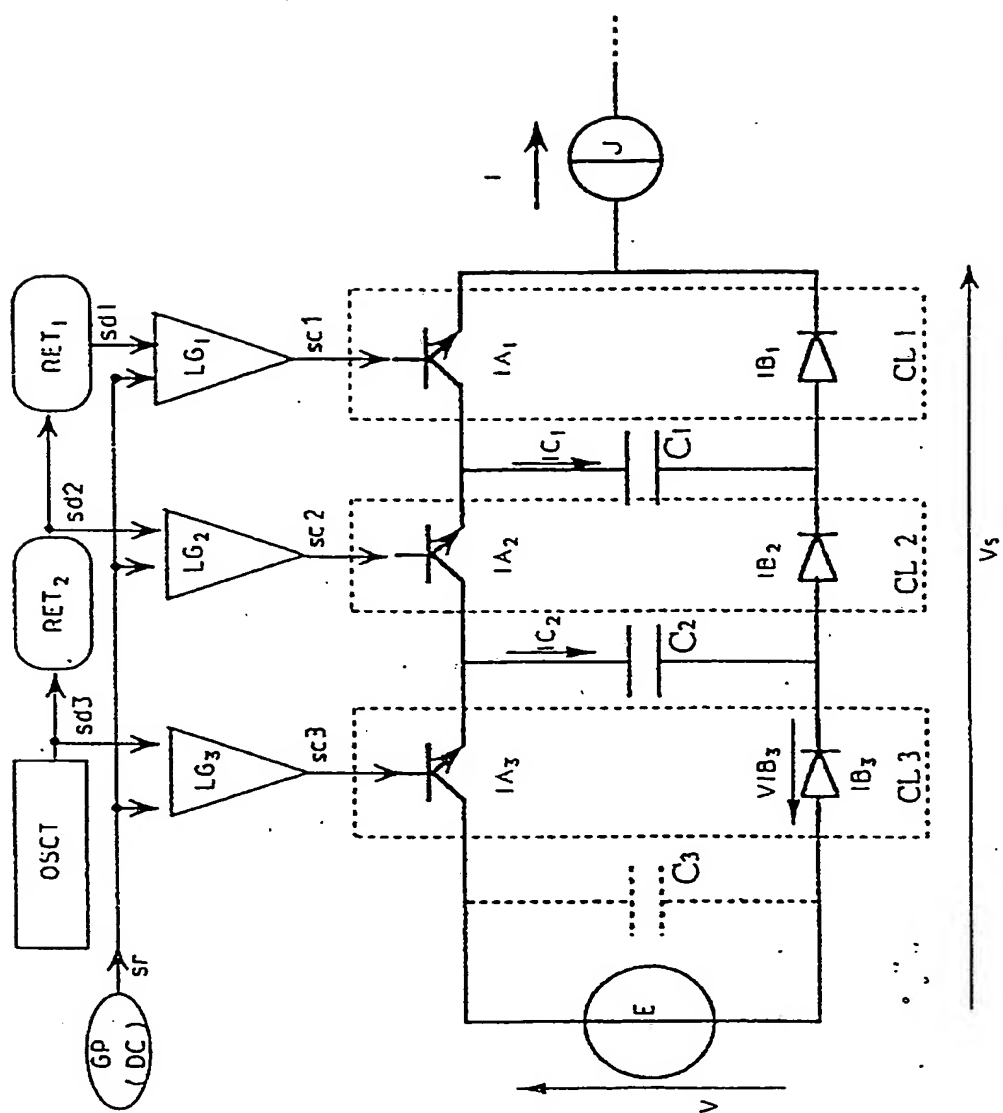


Fig. 4

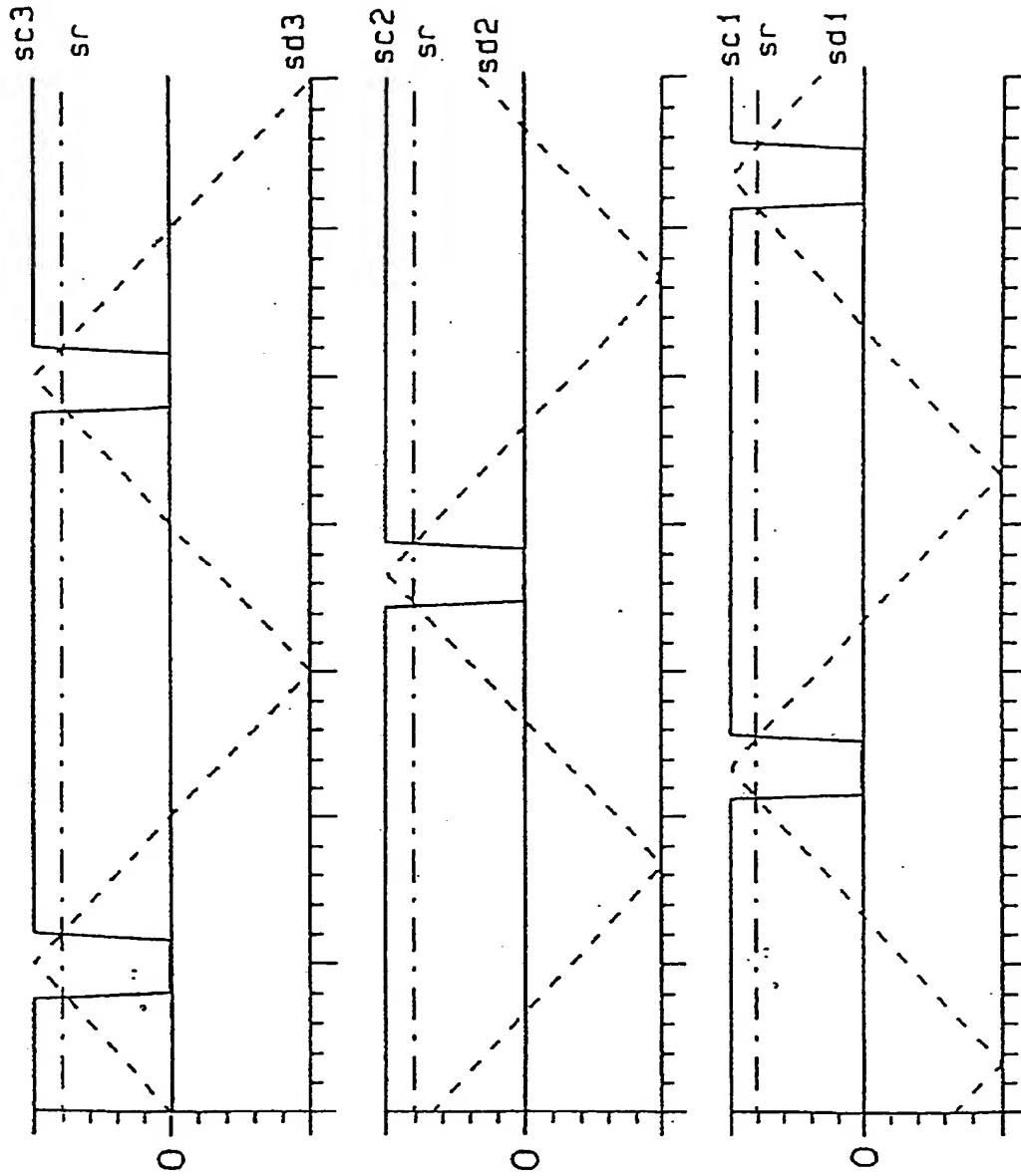


Fig. 5

6/27

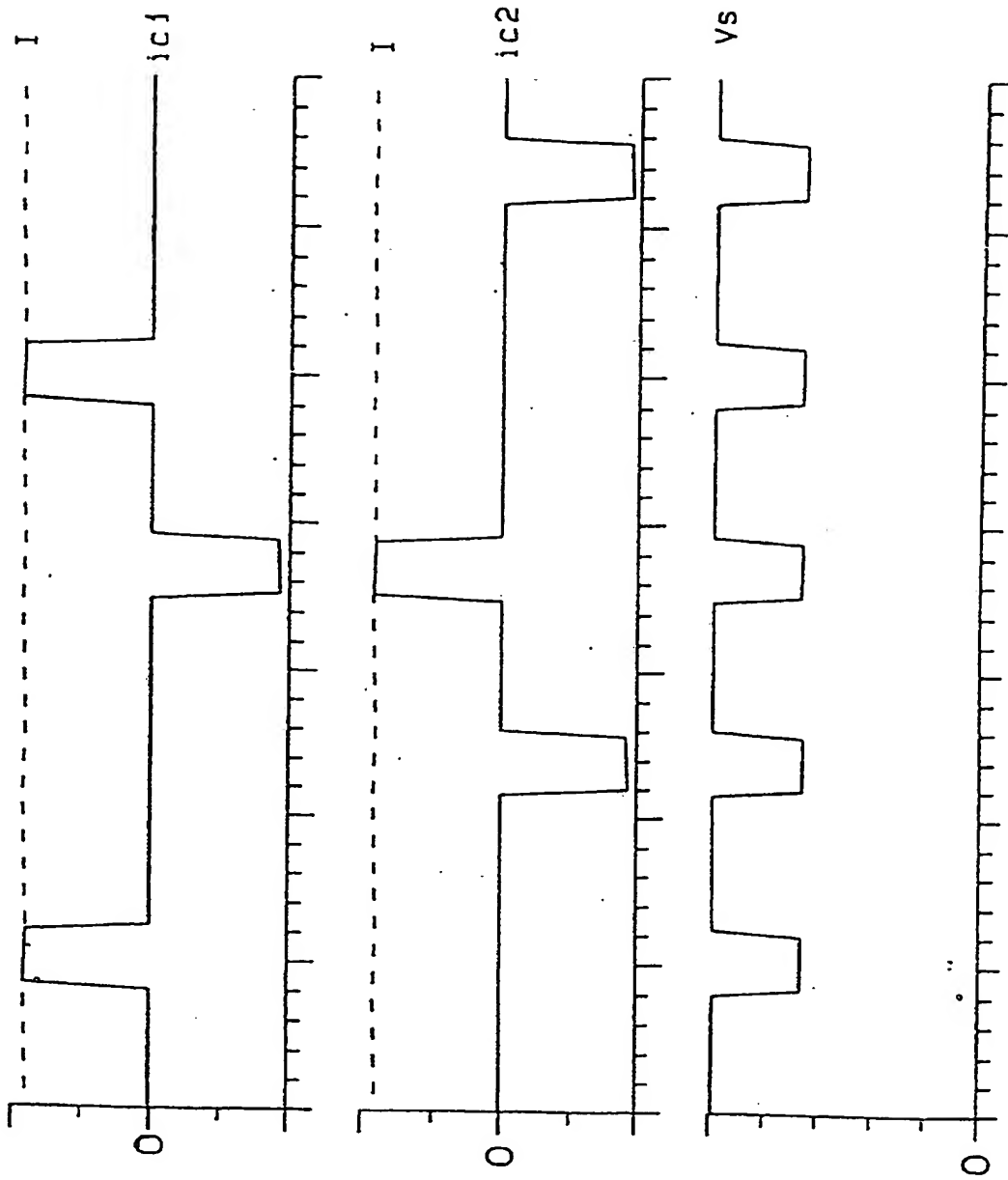


Fig. 6

7/27

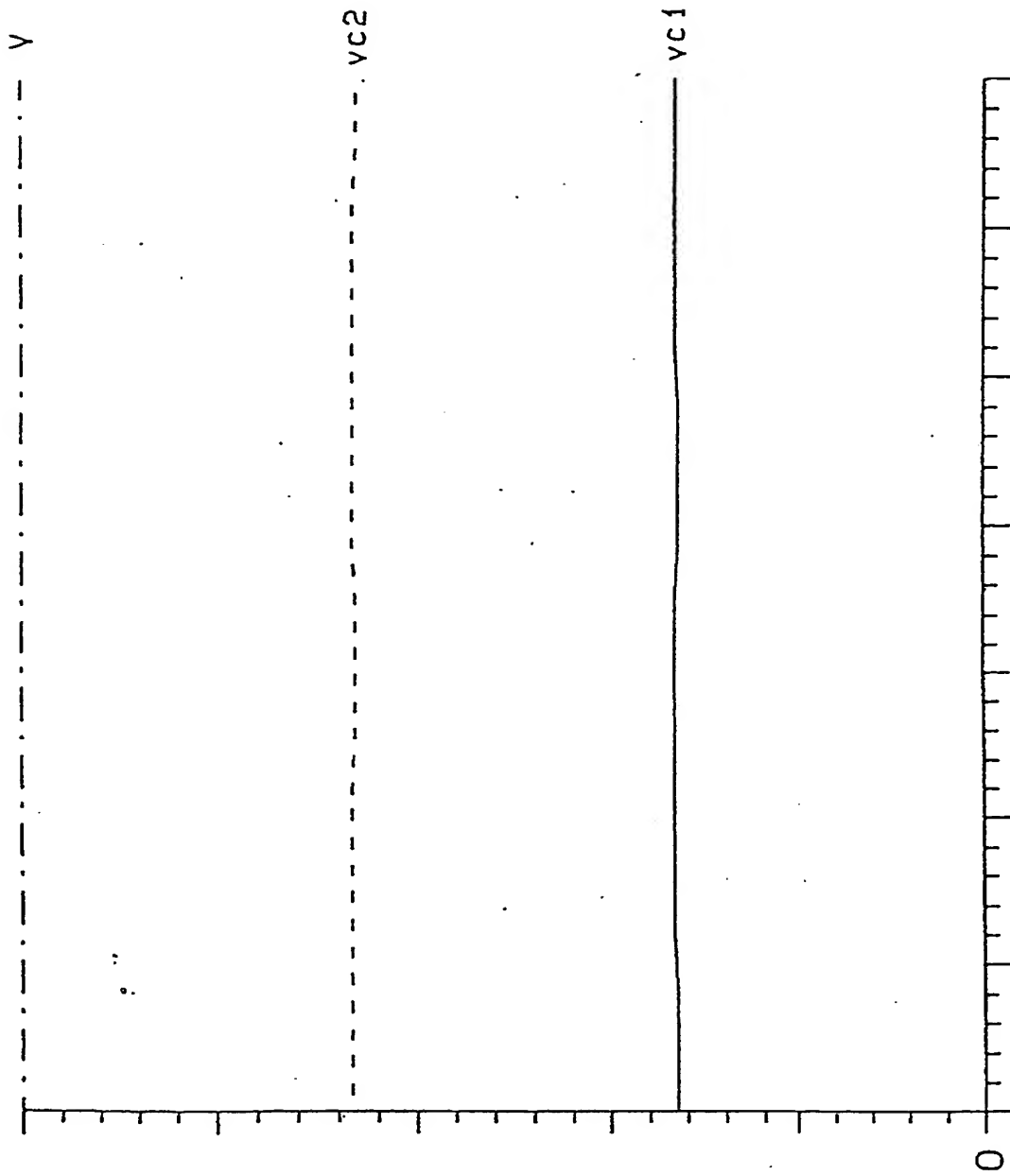


Fig. 7

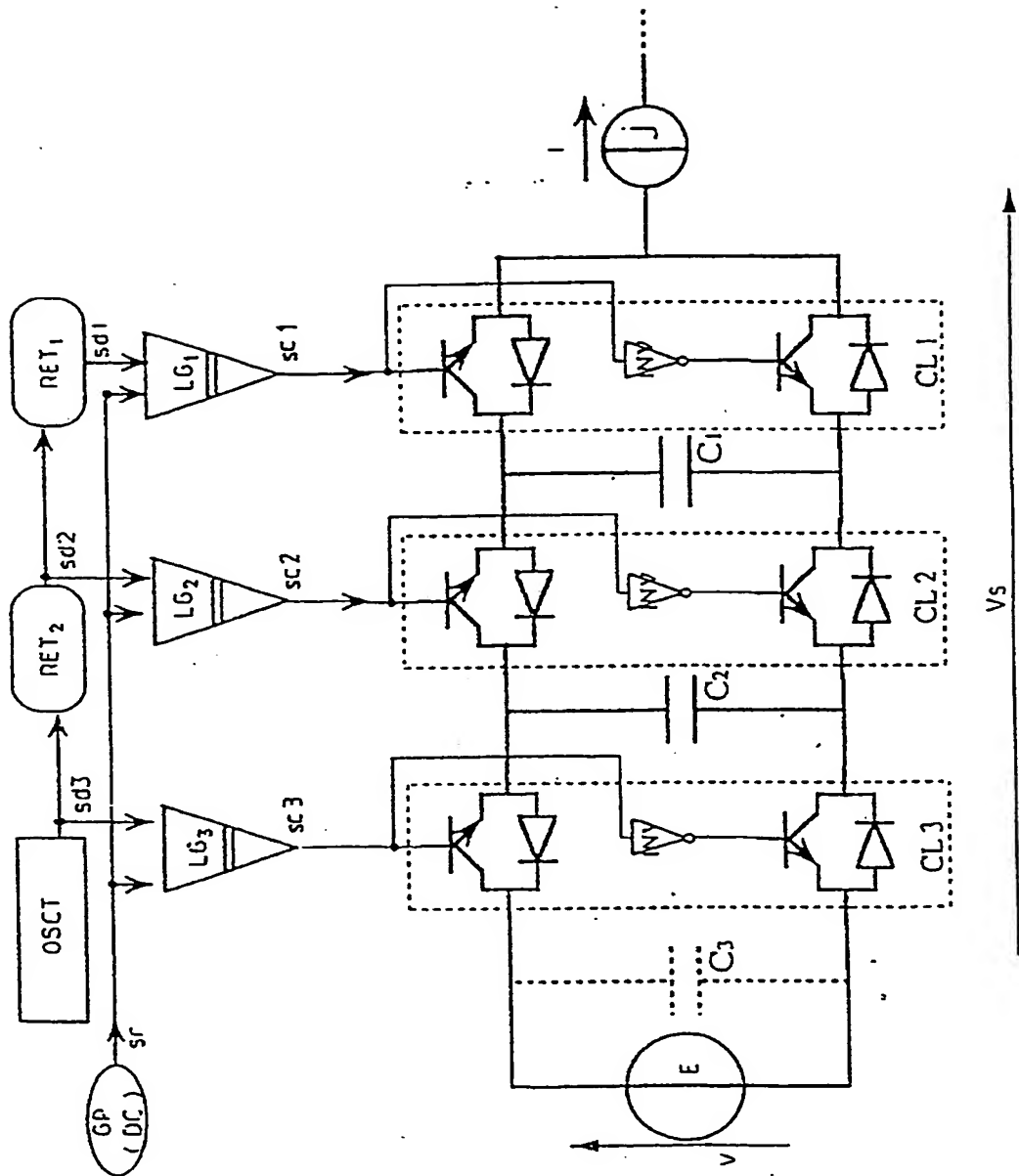


Fig. 8

9/27

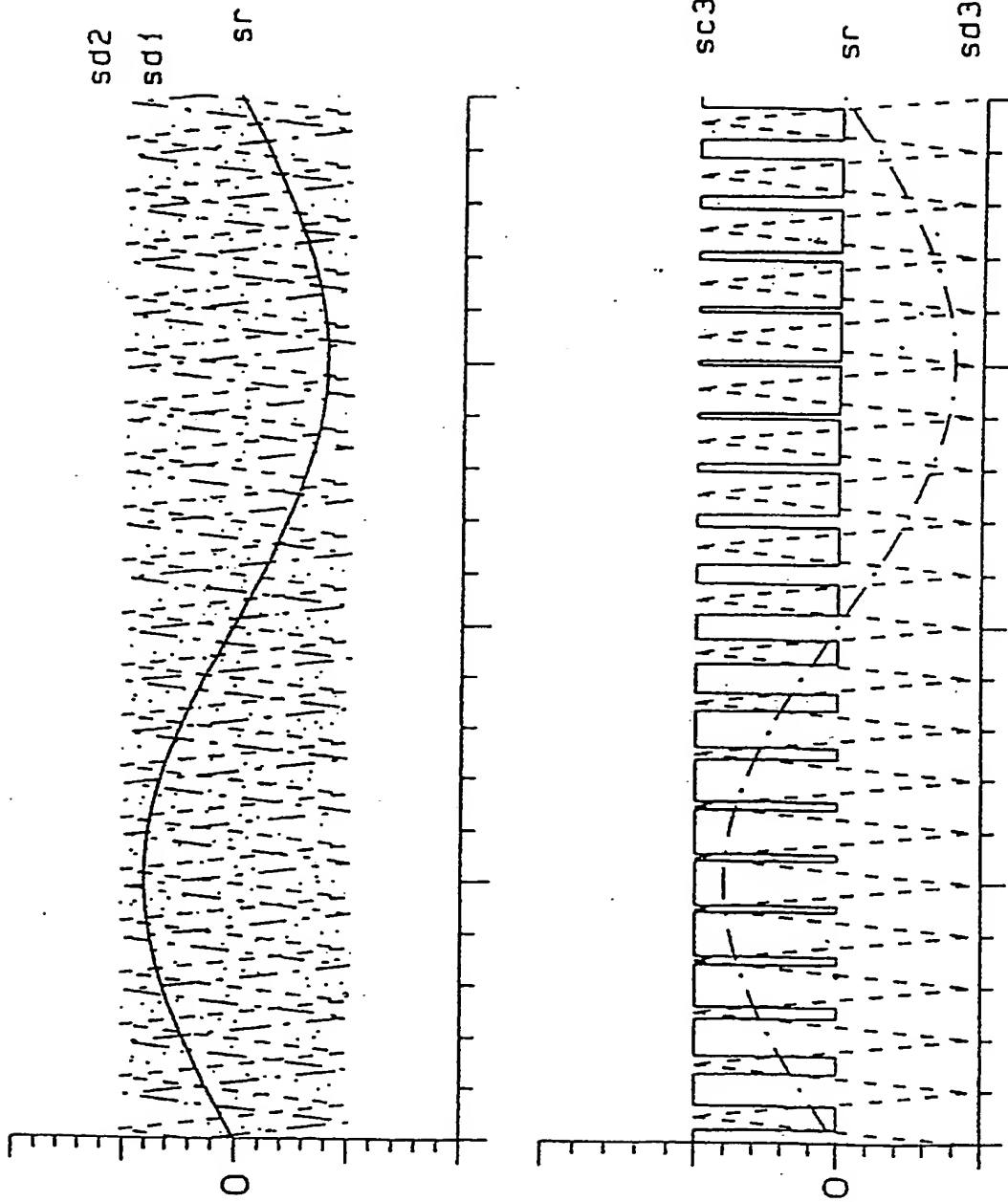


Fig. 9

10/27

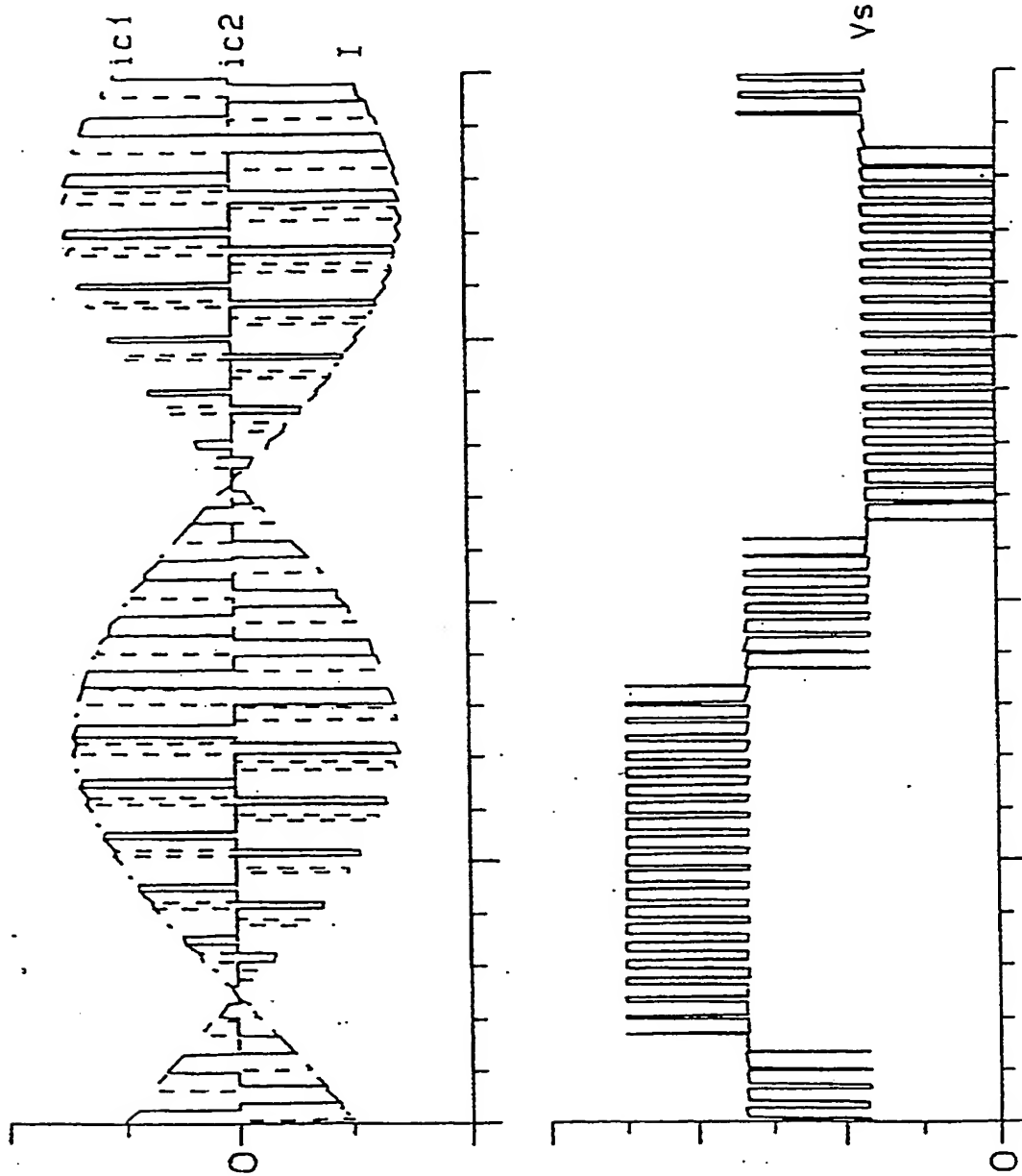


Fig. 10

11/27

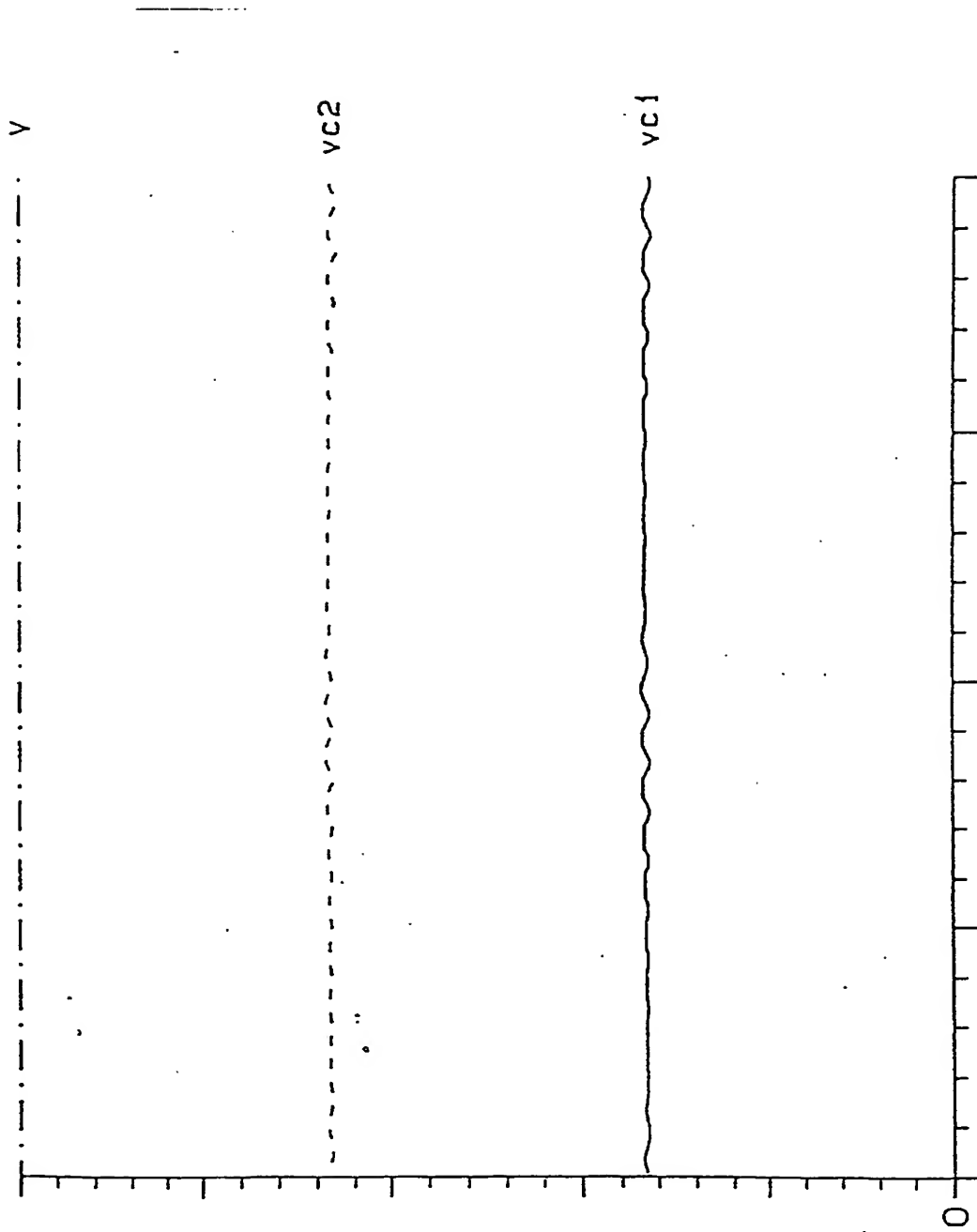


Fig. 11

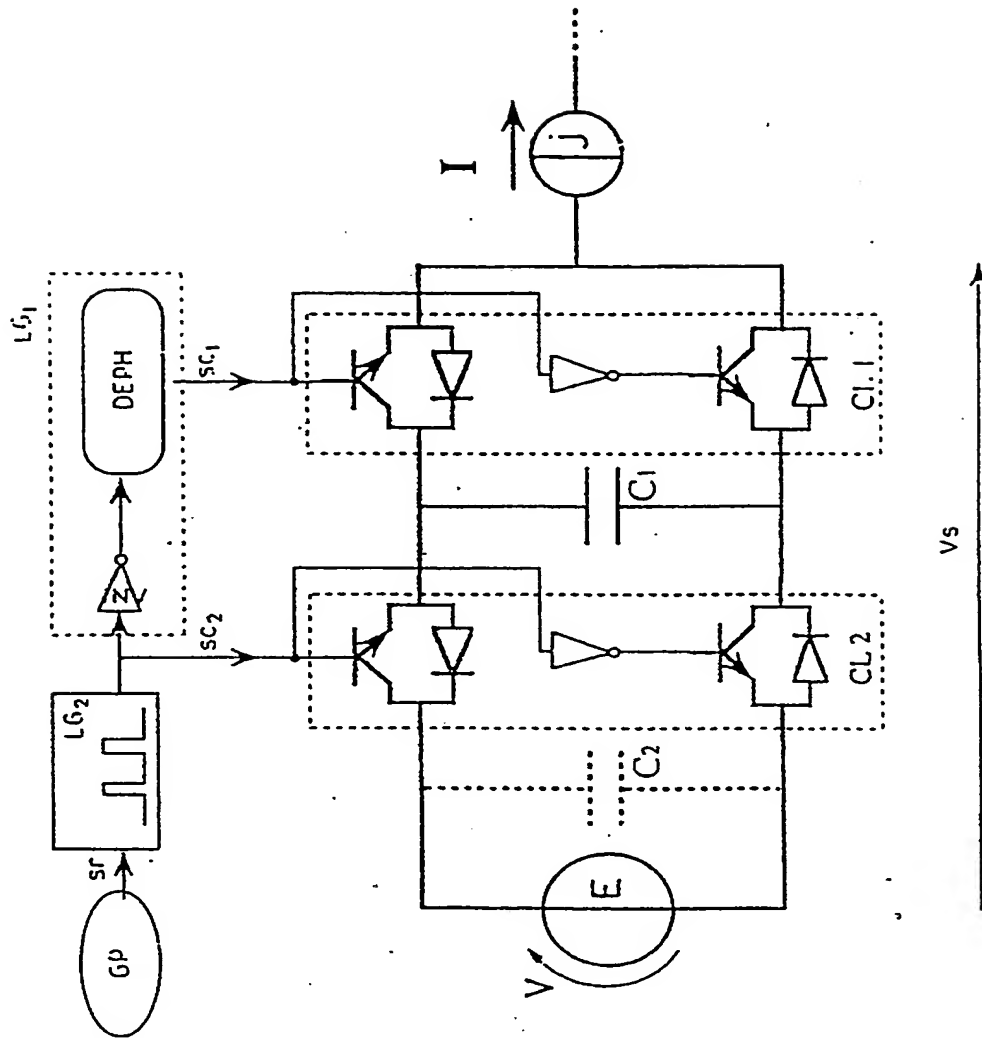


Fig. 12

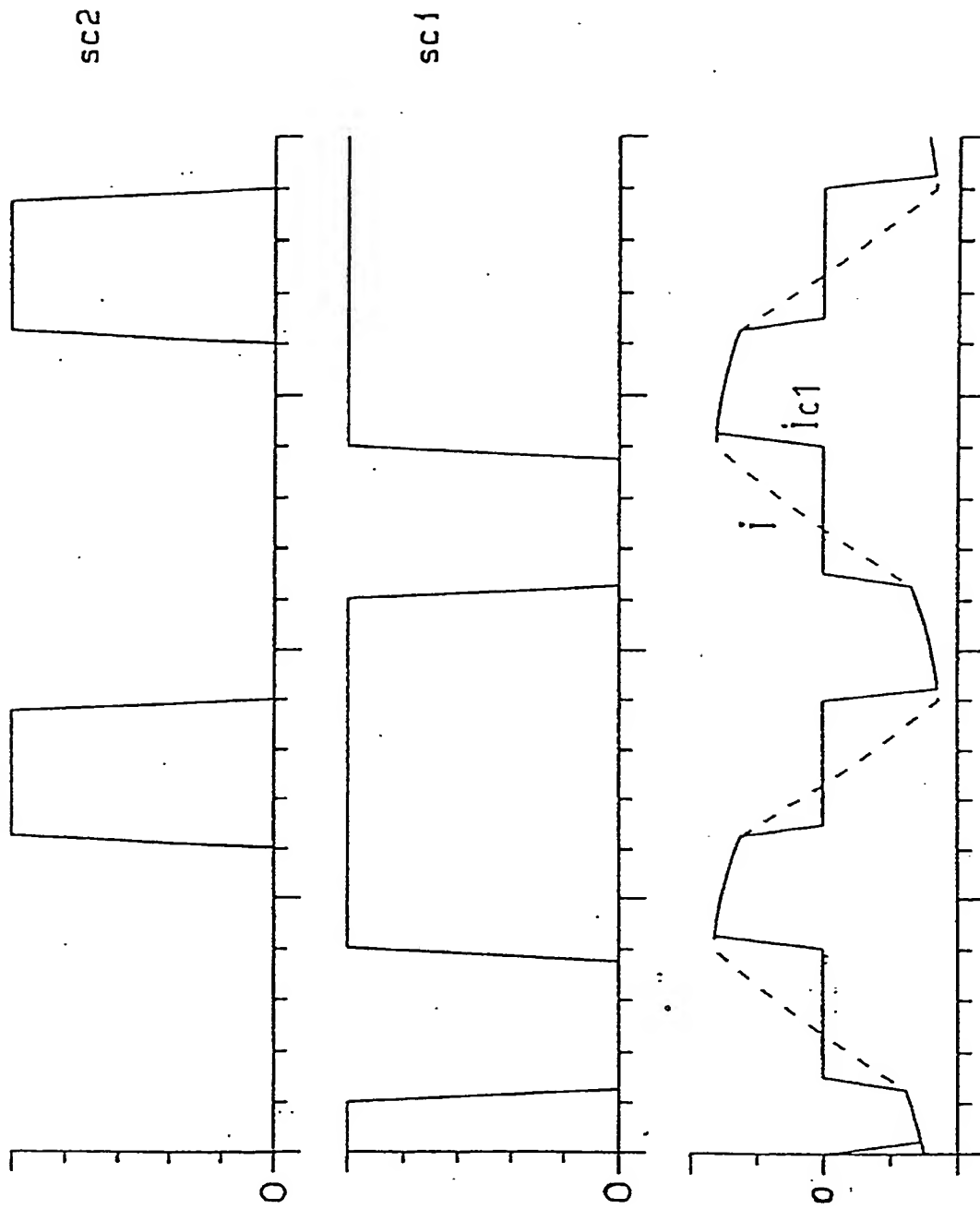


Fig. 13

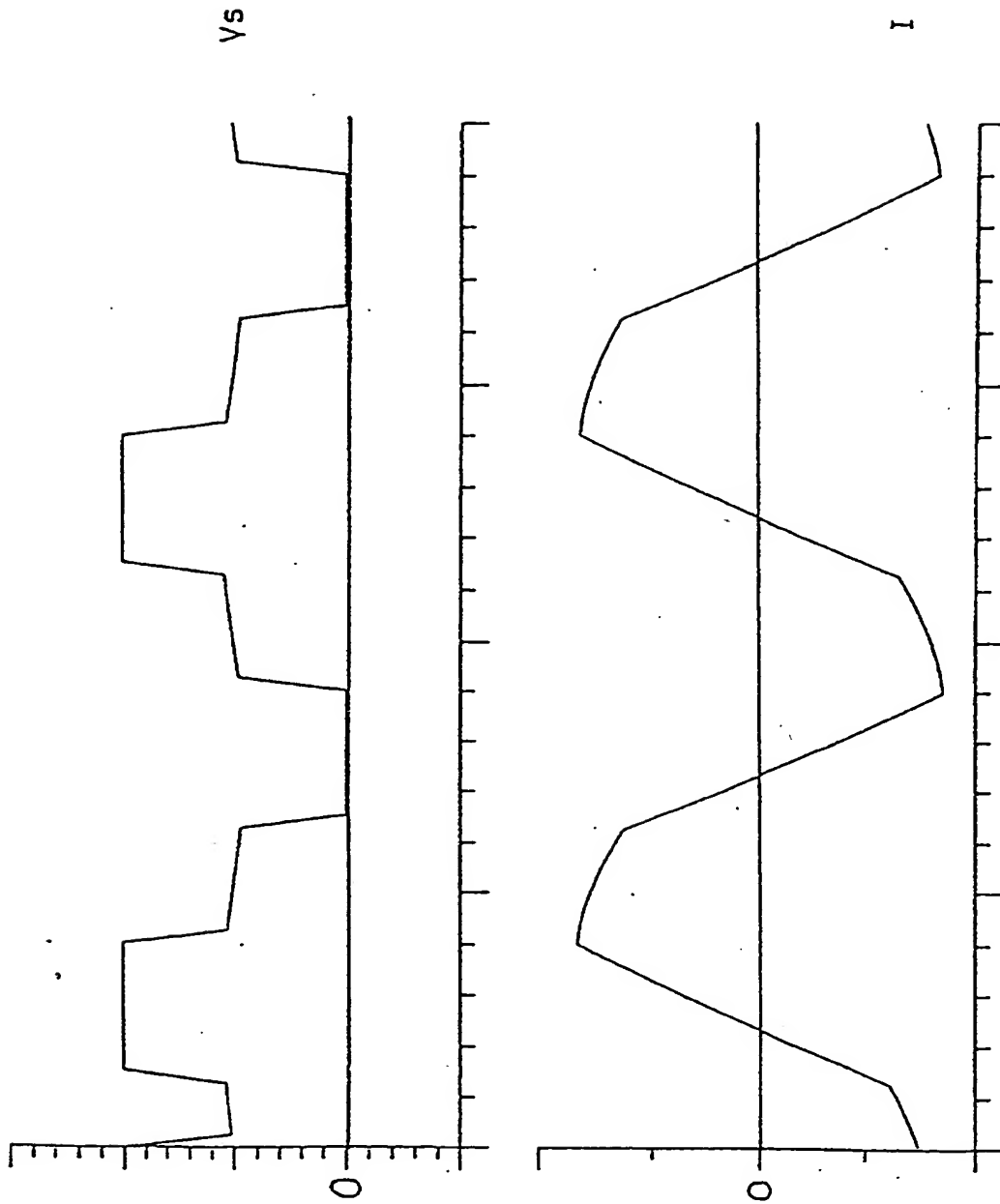


Fig. 14

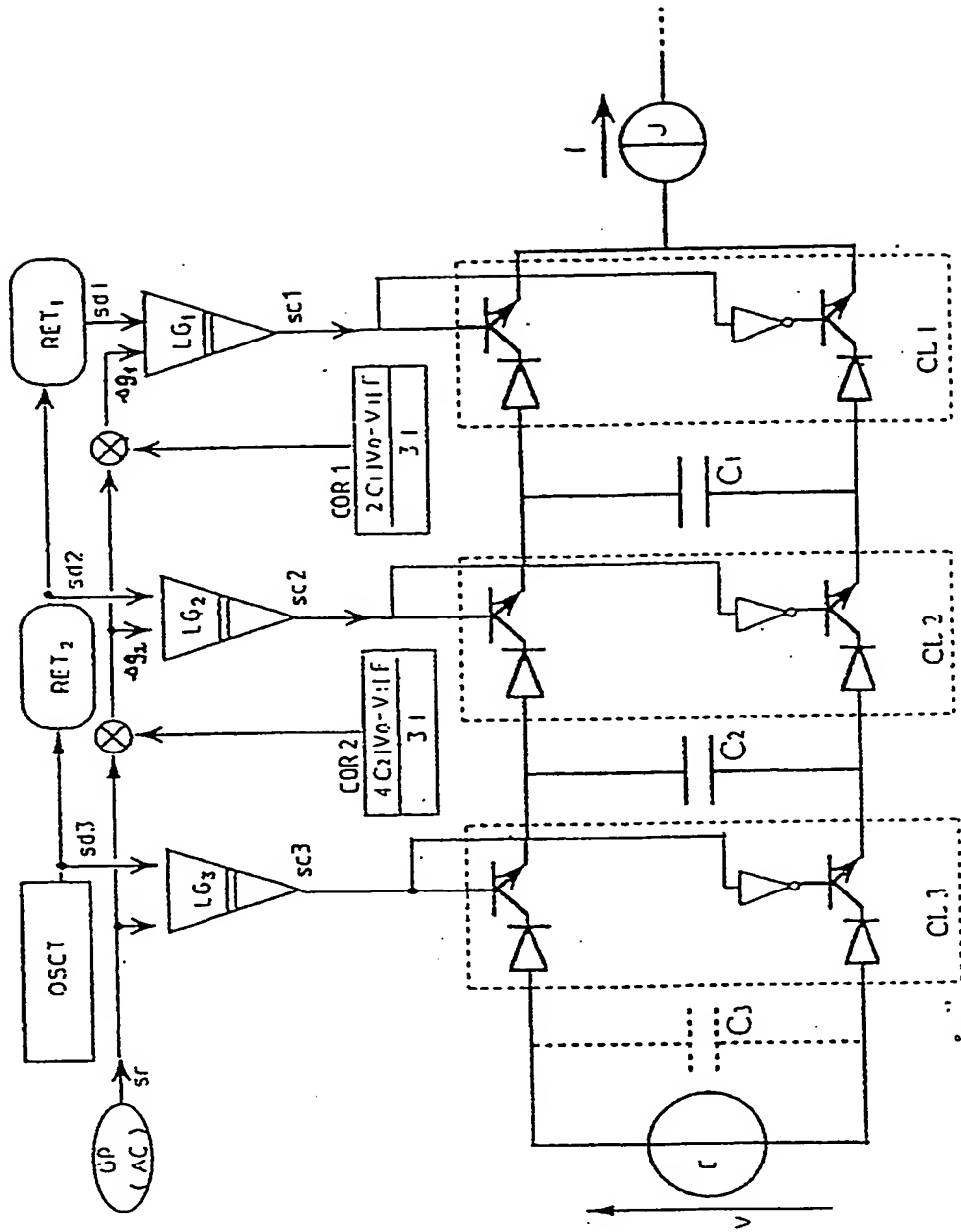
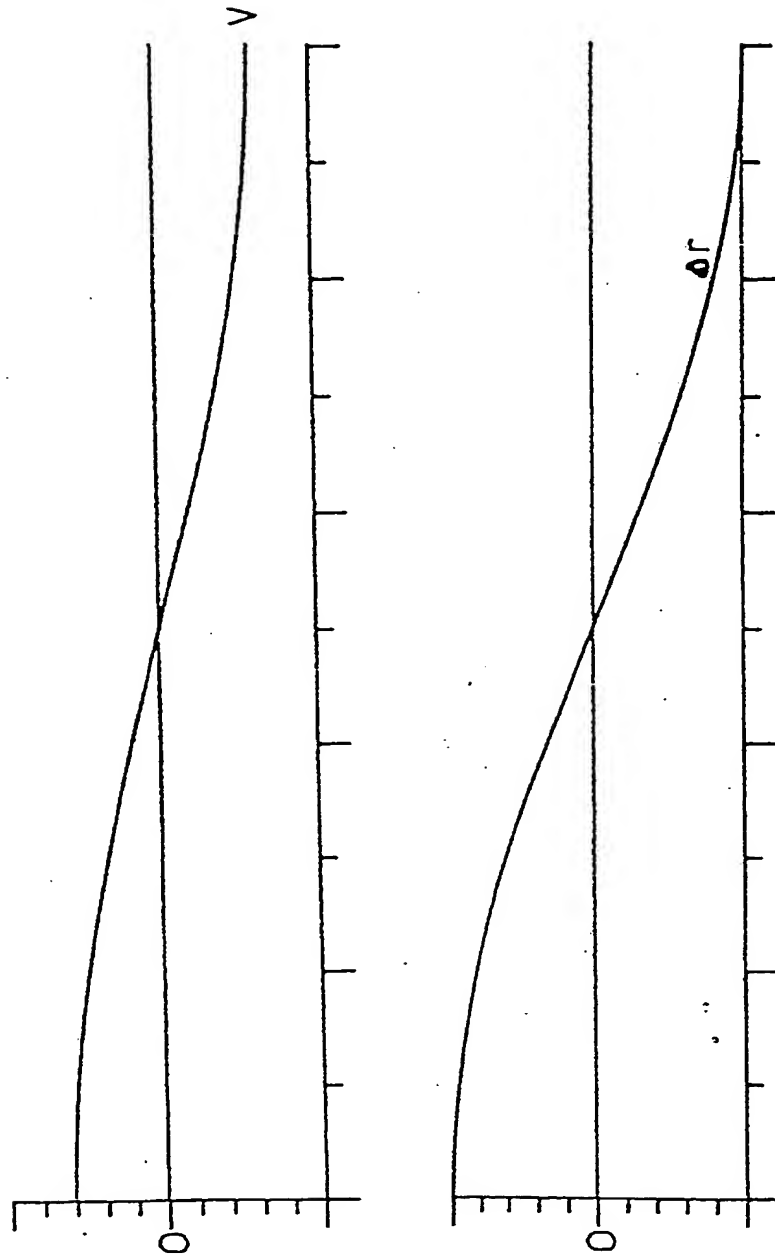


Fig. 15

Fig. 16



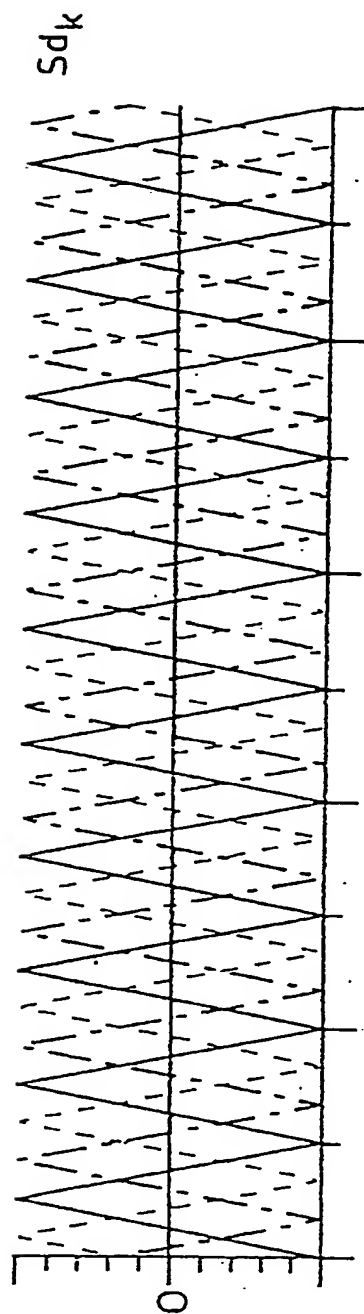


Fig.17

Fig. 18

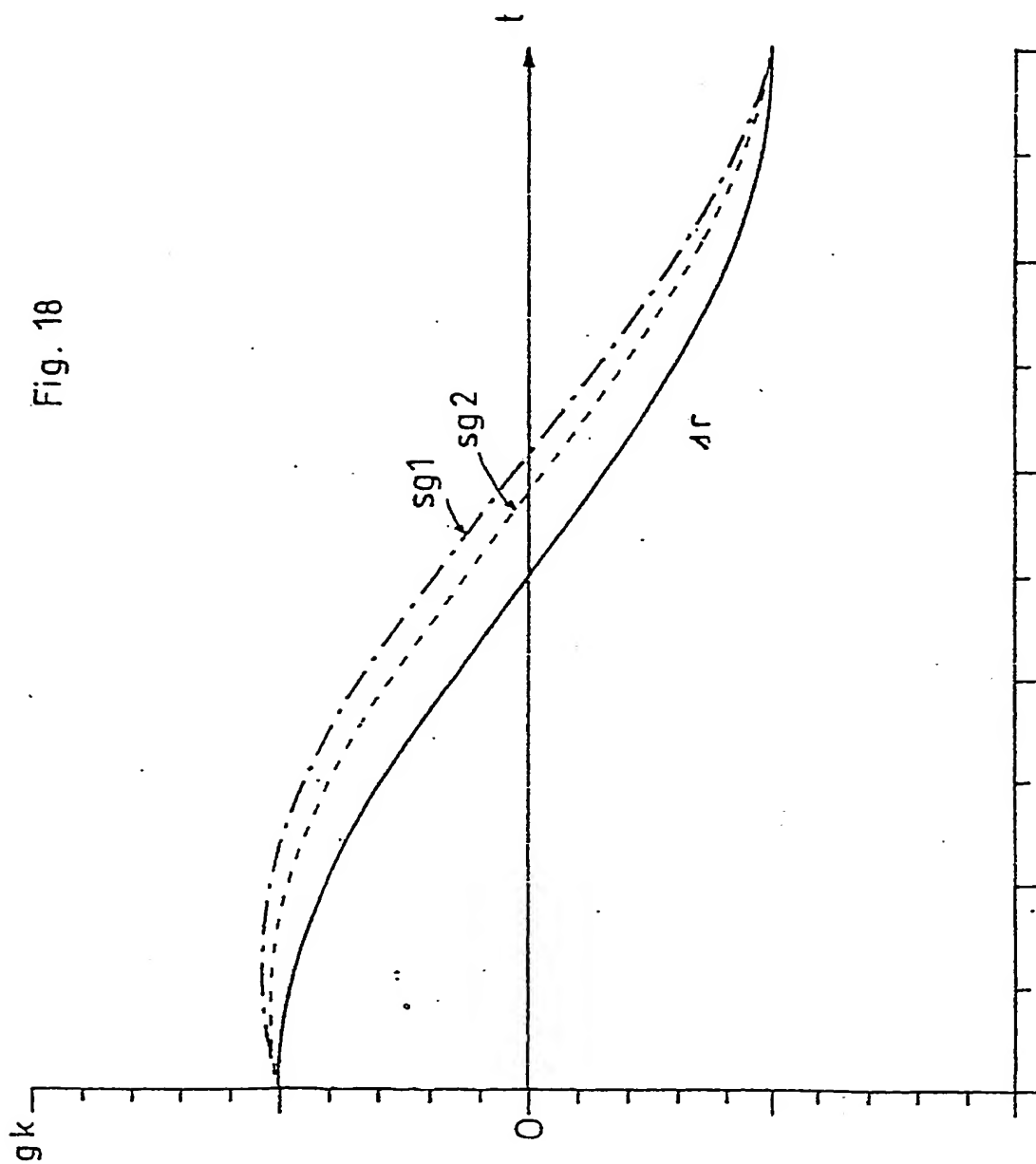
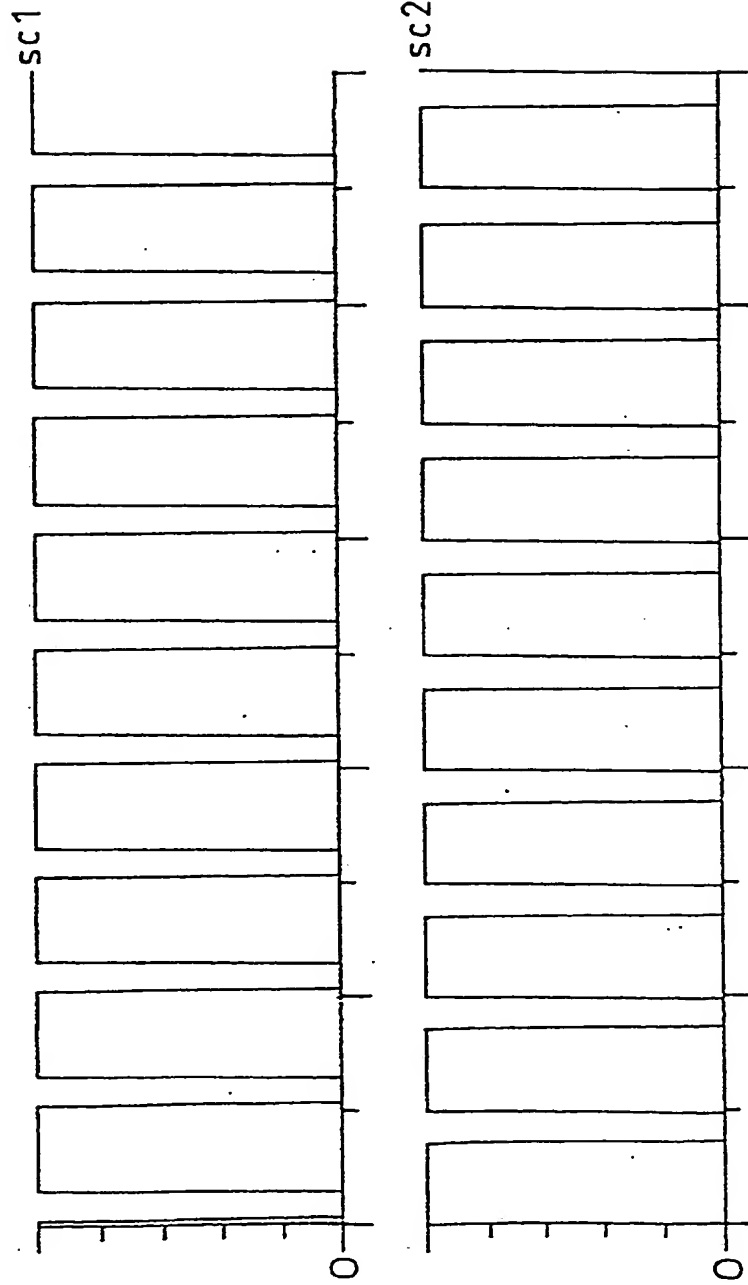


Fig. 19



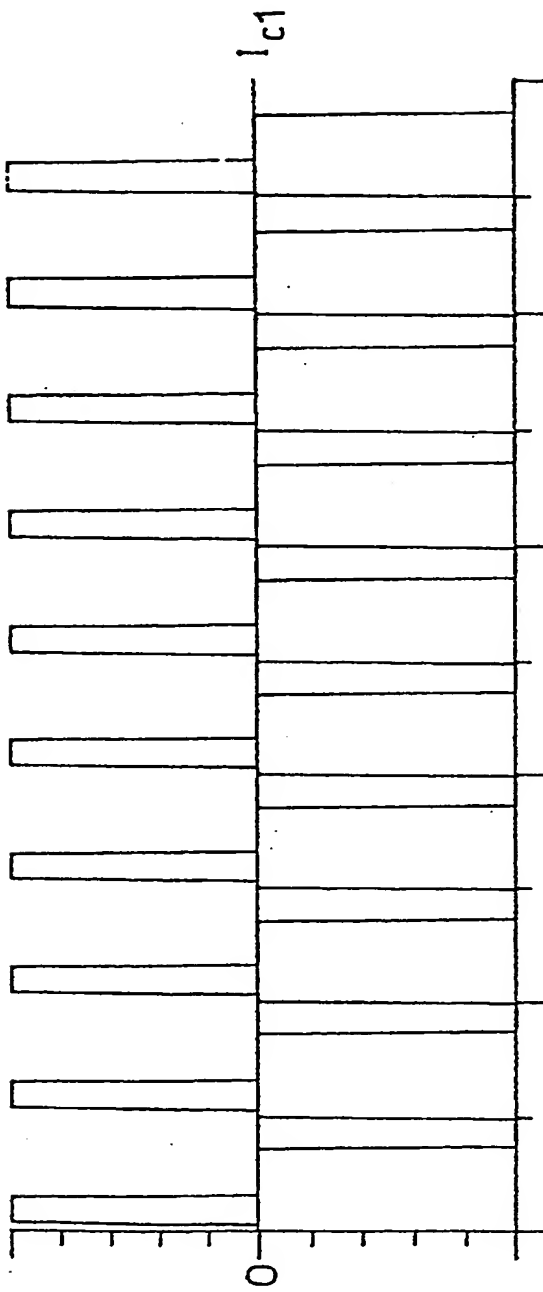
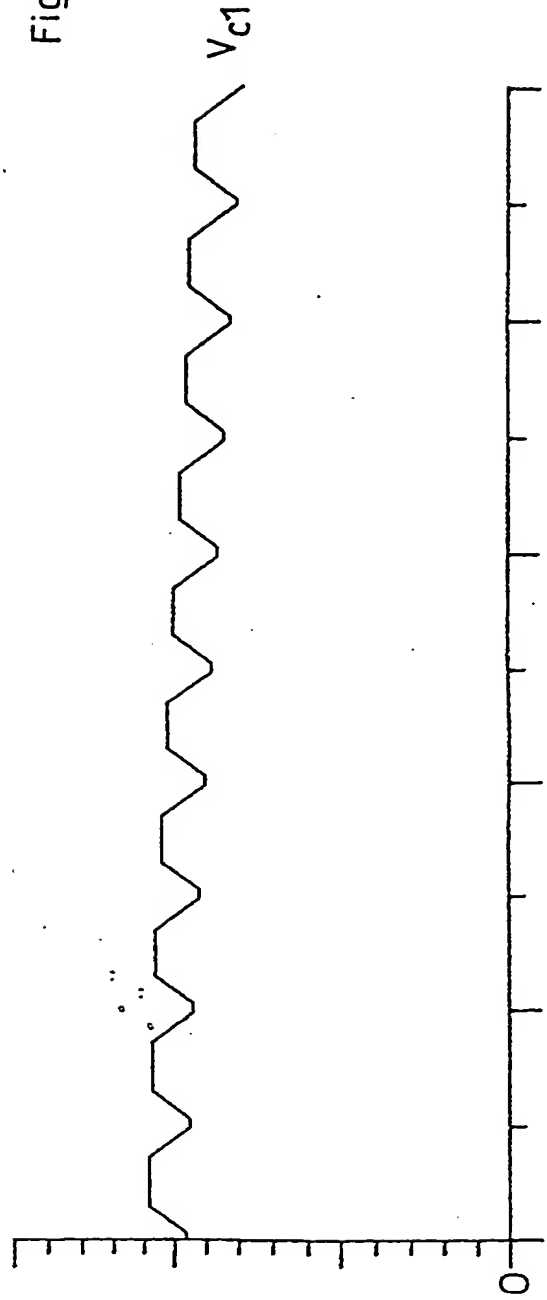
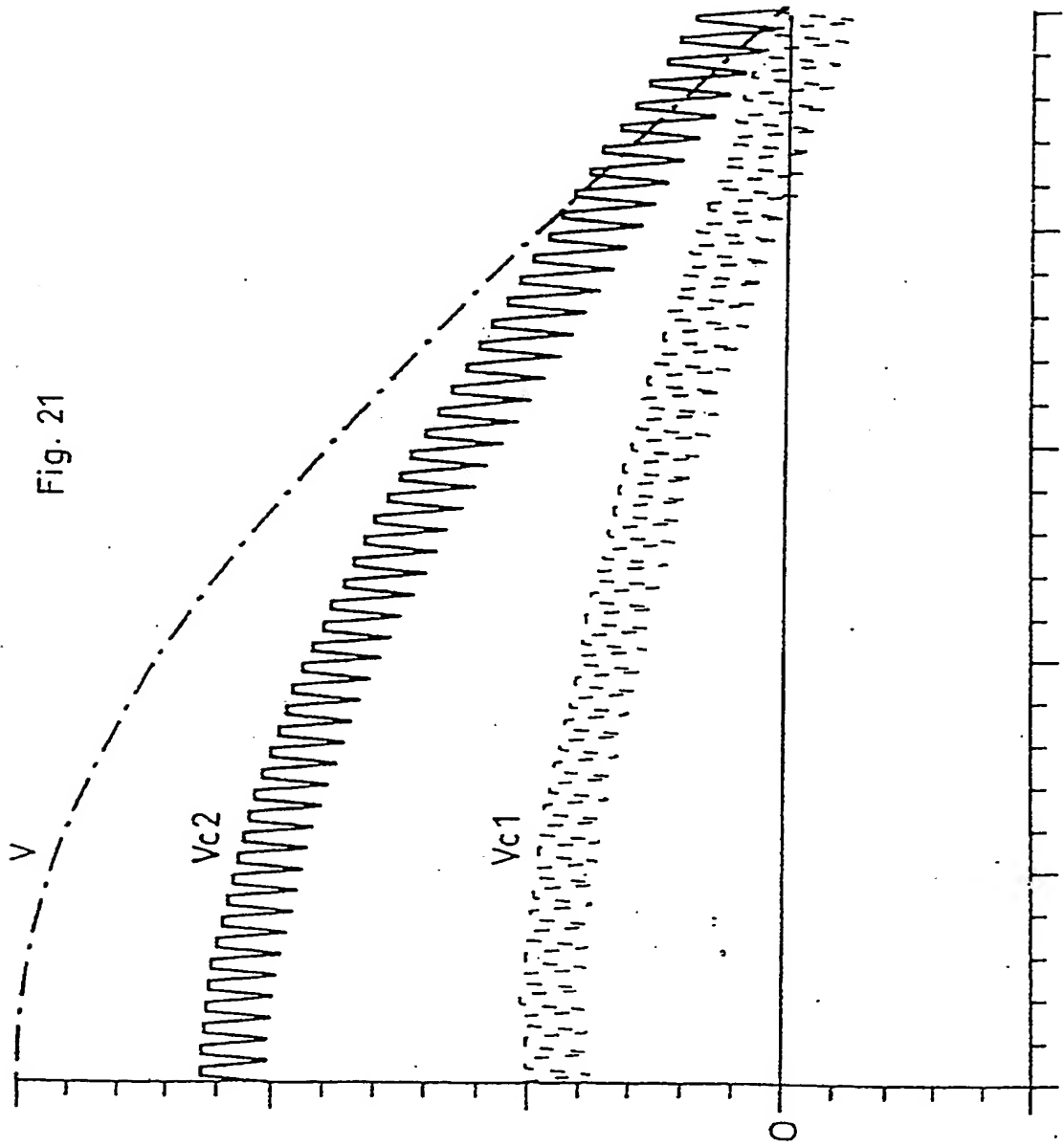


Fig. 20





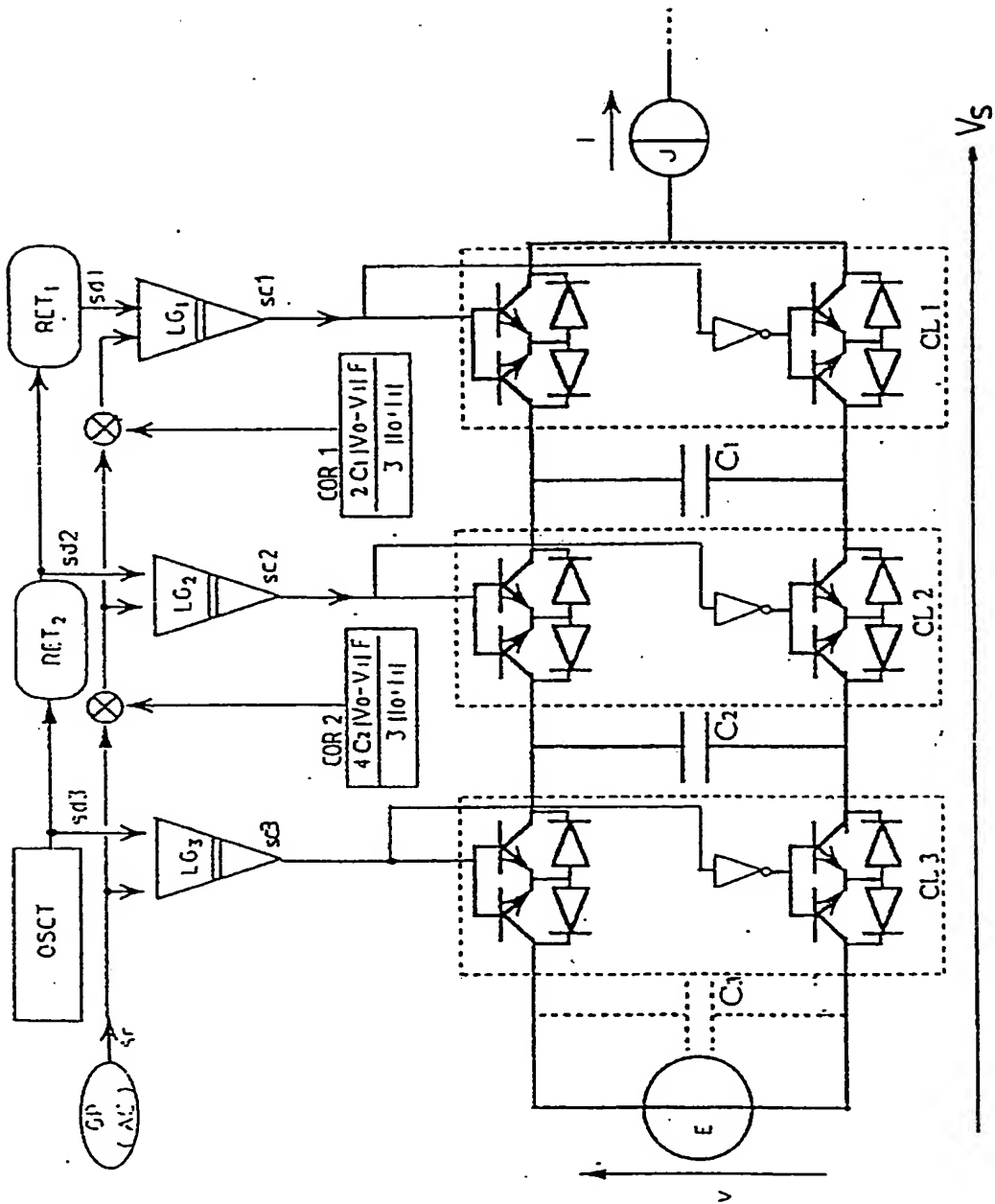


Fig. 22

Fig. 23

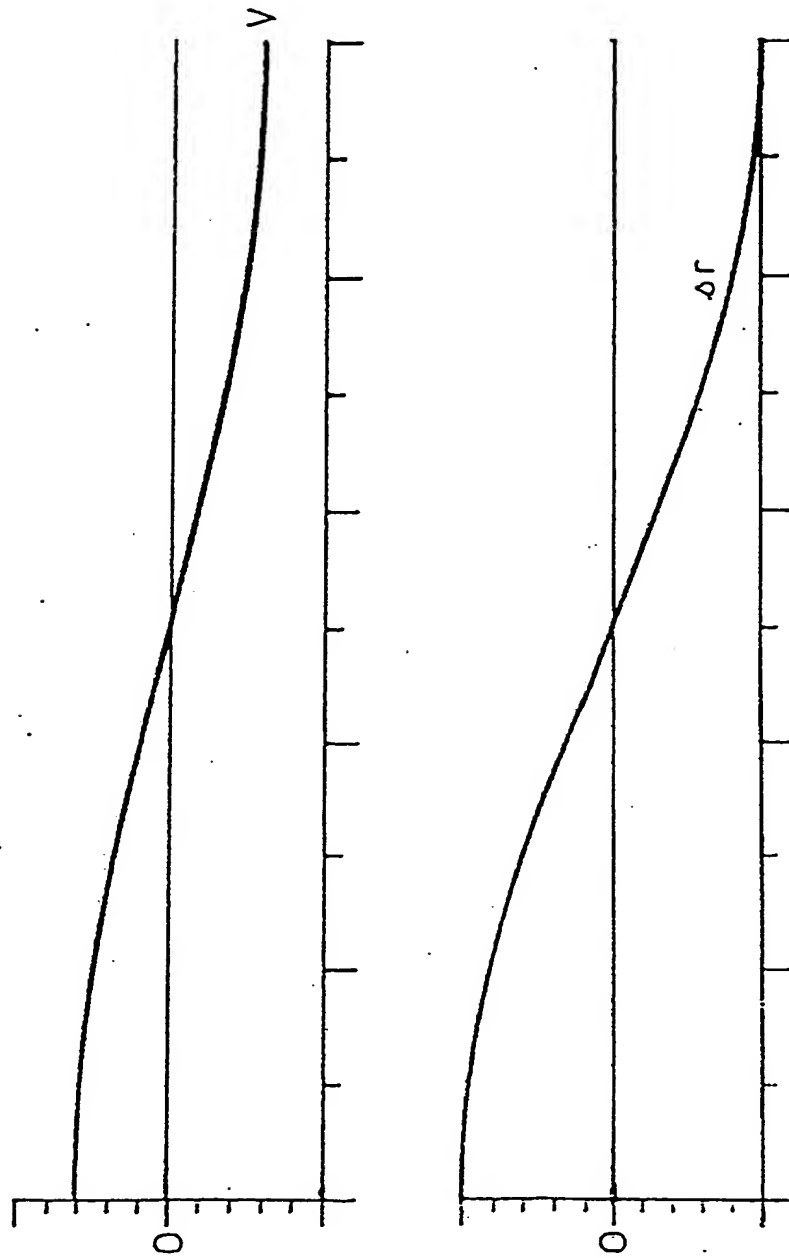
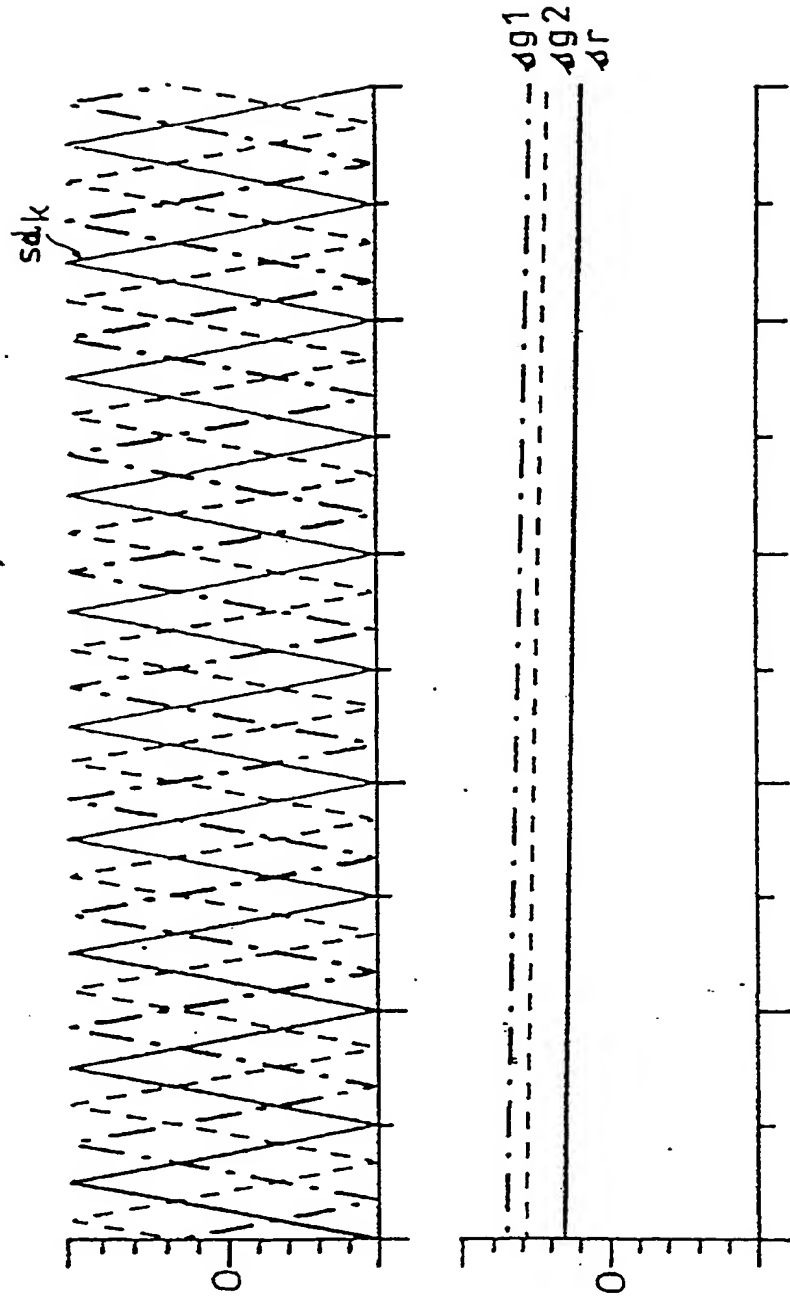


Fig. 24



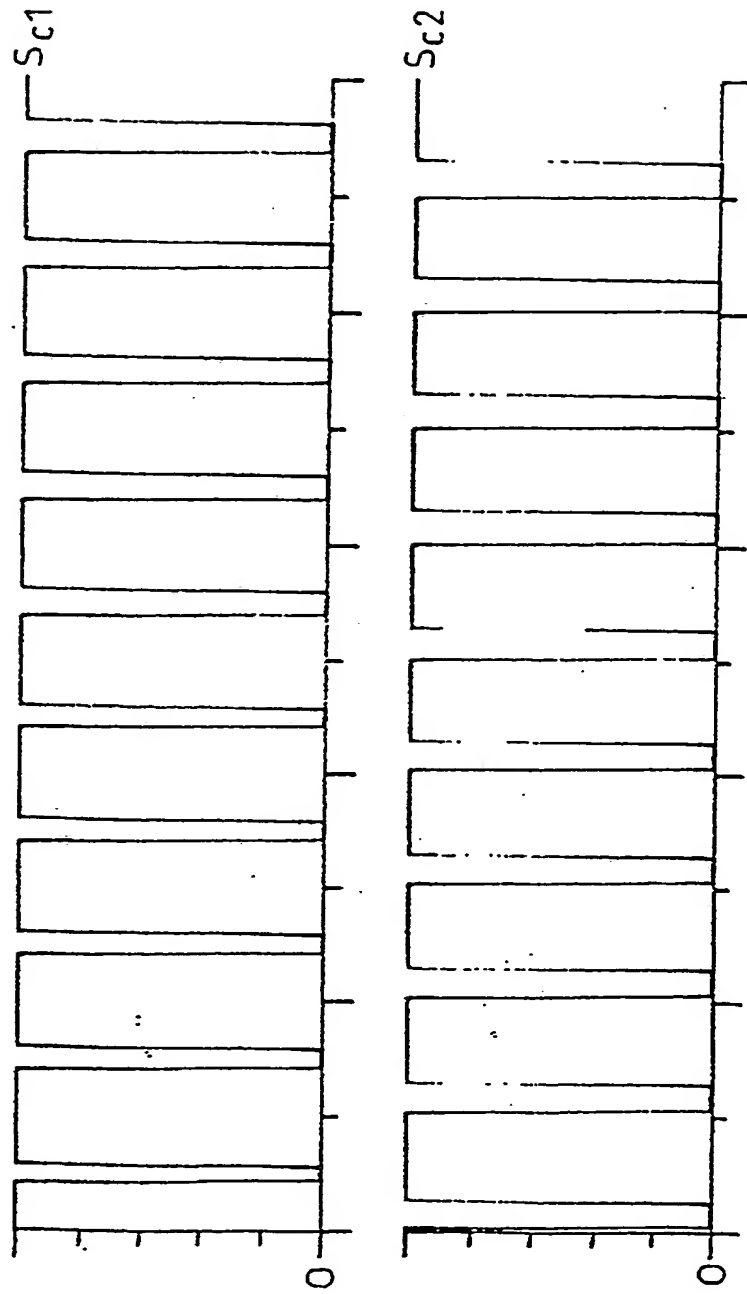


Fig 25

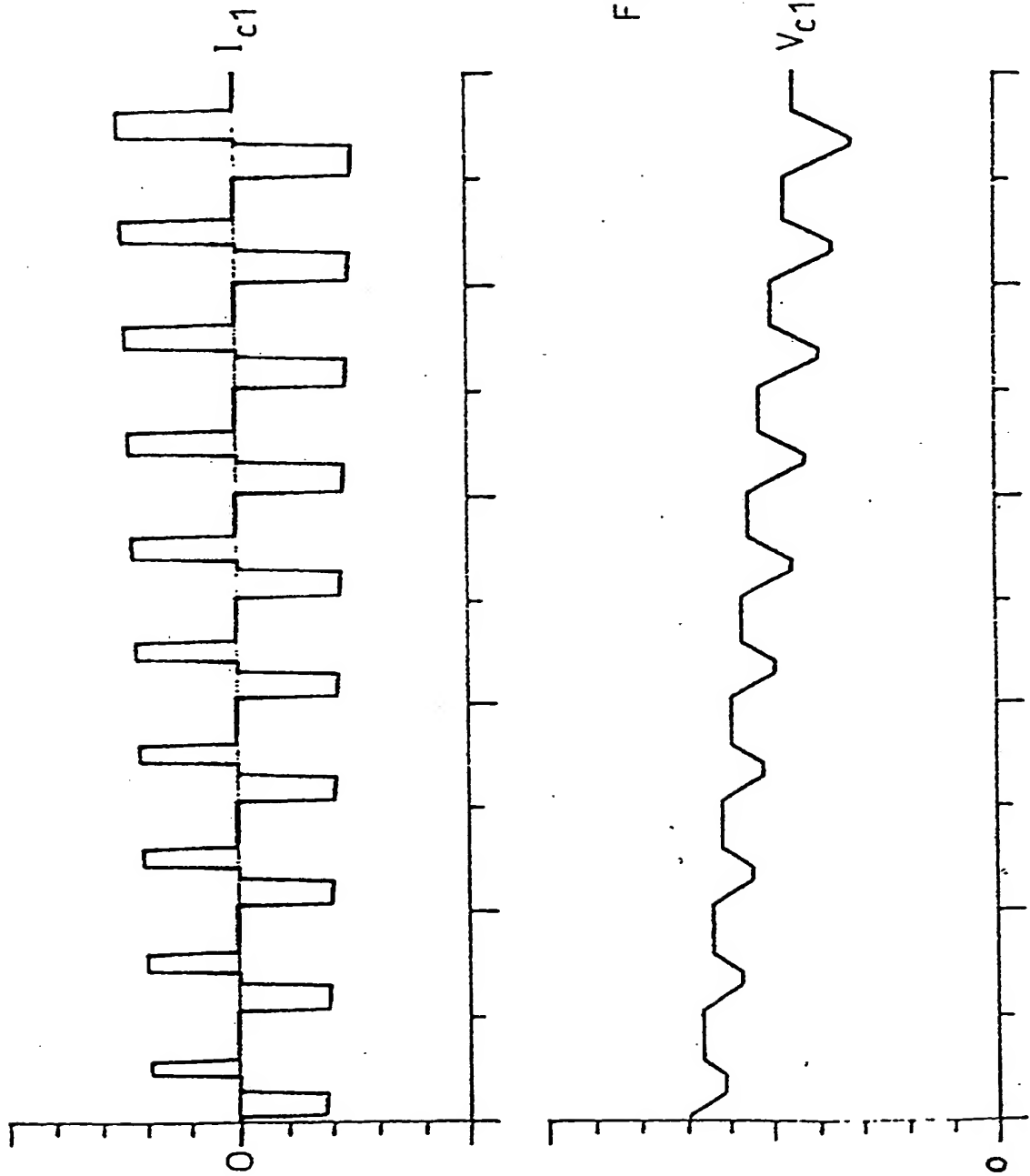
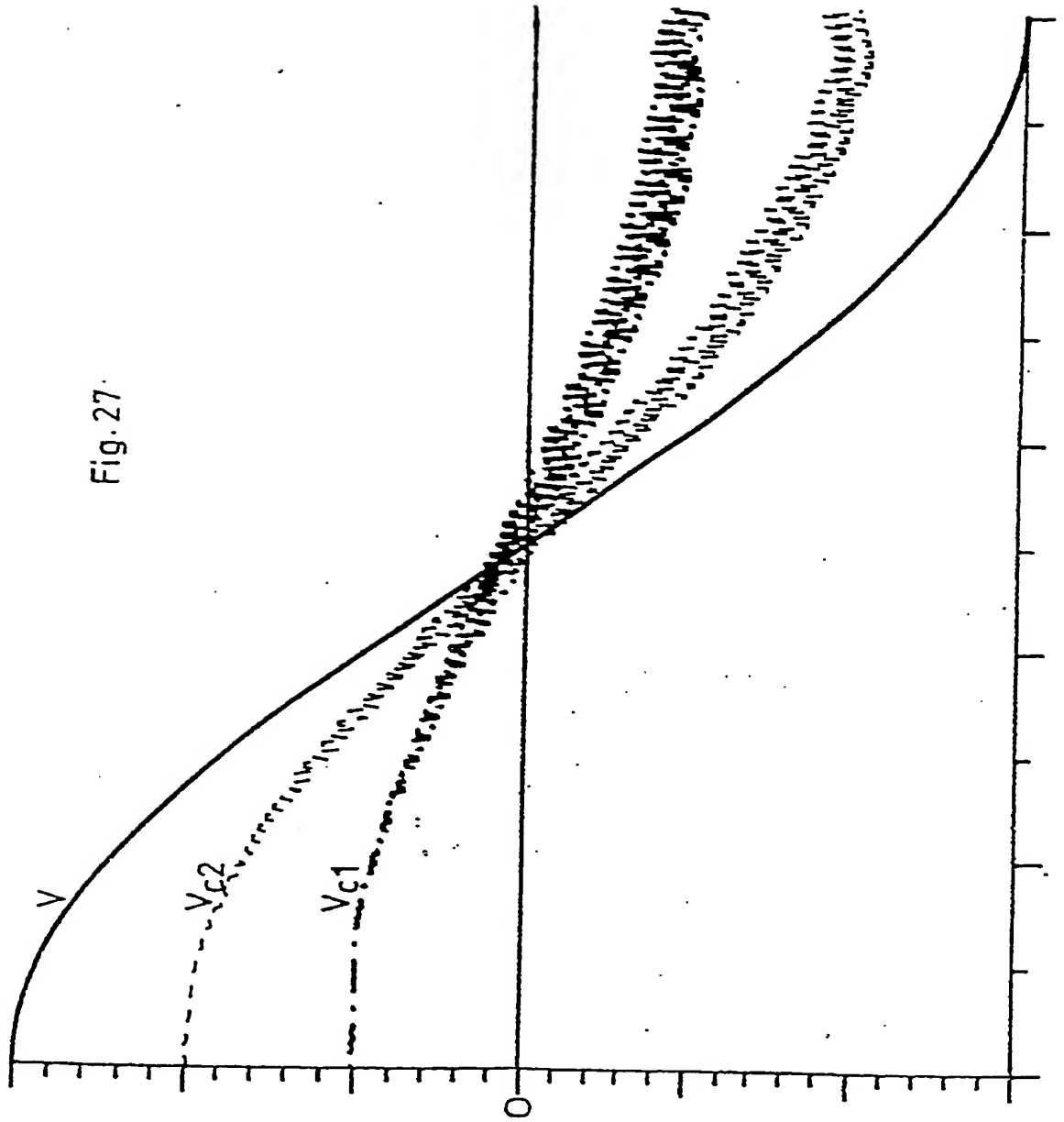


Fig. 26

Fig. 27



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.